

DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

REVUE MENSUELLE

SEPTEMBRE 1953

Sixième année, n° 69.

SOMMAIRE

	Pages.
R. PAOLI et M. MEYS, Travaux de mise en galerie de la Bièvre	765
I. LEVIANT, Description des procédés Vacuum Concrete	
Série : Travaux publics (XXIV).	
A. DUNOYER, La soudure dans la construction métallique	775
Série : Construction métallique (XI).	
J. BROCARD, Quelques aspects de la recherche sur les matériaux et les constructions aux États-Unis (II). Liants hydrauliques, produits céramiques, verre, peinture, matériaux divers	791
Série : Essais et mesures (XXVII).	
R. CADIERGUES, La perméabilité des bâtiments à l'air, aux gaz et aux vapeurs .	809
Série : Équipement technique (XXXVII).	

JOURNÉES INTERNATIONALES DE CHAUFFAGE, VENTILATION, CONDITIONNEMENT DE L'AIR 1953

Enseignement et Documentation	837
Ch. BARRAULT, Enseignement français du chauffage et du conditionnement d'air .	
R. CADIERGUES, Documentation française et internationale en chauffage, ventilation et conditionnement d'air .	
Série : Équipement technique (XXXVIII).	

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES
ET DE DOCUMENTATION TECHNIQUE
28, BOULEVARD RASPAIL, PARIS (VII^e)

JOURNÉE D'ÉCLAIRAGE NATUREL

J. DOURGNON, Introduction générale aux études d'éclairage naturel .	851
R. G. HOPKINSON, G. PLEIJEL, W. ARNDT, Études anglaises, suédoises et allemandes d'éclairage naturel .	
Série : Équipement technique (XXXIX).	

LABORATOIRES DU BATIMENT
ET DES TRAVAUX PUBLICS
12, RUE BRANCION, PARIS (XV^e)

BUREAU SECURITAS
9, AVENUE VICTORIA, PARIS (IV^e)

Documentation technique réunie en mai-juin 1953	881
Documentation technique (LXVII).	

CENTRE D'INFORMATION ET DE DOCUMENTATION DU BATIMENT
100, RUE DU CHERCHE-MIDI, PARIS (VI^e)

Édité par La Documentation Technique du Bâtiment et des Travaux Publics.
(Société à responsabilité limitée au capital de 600 000 F)

C. G. P. PARIS 8524-12

19, rue La Pérouse, PARIS-XVI^e

Tél. : PASSy 01-91

Une des principales missions de L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

consiste à mettre à la disposition de toute personne intéressée par les problèmes de la construction, une vaste documentation fournie par :

Le service de documentation de l'Institut Technique

qui dépose plus de 400 périodiques techniques dont plus de la moitié viennent de l'étranger;

*Les Laboratoires du Bâtiment
et des Travaux Publics;*

*Des techniciens français et étrangers
de la profession.*

Soit au cours de conférences ou de visites de chantier organisées par le *Centre d'Études Supérieures*.
Soit dans des exposés traitant de questions ou de réalisations diverses.

A cet effet, l'**Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics** dirige la rédaction ou rédige :

1^o Des ouvrages divers parmi lesquels il faut citer : les Règles d'utilisation de certains matériaux (béton armé, acier, etc.), des Règles ayant trait à des problèmes particuliers (par exemple : les effets de la neige et du vent sur les constructions). L'application de certaines de ces règles a été rendue obligatoire par le **MINISTÈRE DE LA RECONSTRUCTION ET DE L'URBANISME** pour les travaux relevant de son autorité.

(La liste des publications et les conditions d'envoi sont adressées sur demande formulée à la *Documentation Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, 19, rue La Pérouse, Paris-XVI^e.)

2^o Les ANNALES qui publient :

Les conférences et comptes rendus de visites de chantiers organisées par le *Centre d'Études Supérieures*;

Des études originales françaises et étrangères;

Les Manuels du béton armé, de la charpente en bois et de la construction métallique;

Les comptes rendus de recherches d'intérêt général poursuivies par les **Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics** ;

Une documentation technique.

Chaque sujet est classé dans les séries suivantes :

Architecture et Urbanisme.

Travaux Publics.

Technique générale de la construction.

Matériaux.

Théories et Méthodes de calcul.
(*Résistance des matériaux.*)

(*Pierres et Minéraux. Géologie.*)

Essais et Mesures.

Liants hydrauliques.

Sols et fondations.

Béton. Béton armé.

Gros œuvre.

Béton précontraint.

(*Maçonnerie, travail du bois.*)

Équipement technique.

Construction métallique.

(*Électricité, chauffage et ventilation,
froid, acoustique, plomberie, couverture, étanchéité.*)

Aménagement intérieur.

Matériel de chantier.

Questions générales.

(*Questions économiques, hygiène, sécurité.*)

Documentation technique.

Manuel du Béton armé.

Manuel de la Charpente en bois.

Manuel de la Construction Métallique.

EMBOITAGE POUR LES ANNALES

Pour permettre à nos abonnés de conserver facilement en bibliothèque avant reliure les numéros des « Annales », nous mettons à leur disposition un emboîtement avec jaquette, pouvant contenir une année complète des « Annales ».

Au prix de	700 F
Plus frais d'expédition :	
France et Union Française	110 F
Étranger	190 F

Les demandes, accompagnées de leur montant, doivent être adressées à **La Documentation Technique du Bâtiment et des Travaux Publics**, 19, rue La Pérouse, Paris-XVI^e, C. C. P. Paris 8524-12. Elles seront satisfaites dans le délai maximum d'un mois.

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

RÉSUMÉS (SEPTEMBRE 1953)

SUMMARIES (SEPTEMBER 1953)

Fed m

Hygiène publique.

Travaux de mise en galerie de la Bièvre. PAOLI (R.), MEYS (M.) et LEVANT (I.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (septembre 1953), n° 69 [Travaux publics (XXIV)], 10 p., 12 fig.

M. PAOLI rappelle l'historique des travaux d'assainissement qui ont été entrepris pour la Bièvre et ses affluents et indique la consistance du projet actuel.

M. MEYS expose le profil adopté pour la mise en souterrain de la rivière, comportant une cunette coulée sur coffrages en bois tôle maintenu par des fermettes et une voûte parabolique coulée en béton traité par le vide sur coffrage roulant, par tronçons de 2,50 m; le raccordement des tronçons est fait après coup sur petits coffrages spéciaux.

M. LEVANT décrit ensuite le détail d'application du procédé Vacuum Concrete et les avantages résultant de ce traitement du béton.

CDU 628.3.

Dec 1j

Constructions soudées.

La soudure dans la construction métallique. DUNOYER (A.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (septembre 1953), n° 69 [Construction métallique (XI)], 16 p., 37 fig.

Divers accidents advenus aux constructions soudées ont jeté le trouble dans les esprits. Récemment la moitié d'un pont soudé près de Québec s'est effondrée par une température de -35°C sous le seul effet de son poids mort. Auparavant, en Belgique, plusieurs ponts sur le canal Albert ont été mis hors service du fait de basses températures. En Allemagne, des accidents se produisirent au pont du Zoo à Berlin, au pont de Rüdersdorf et à Dinsbourg. Le conférencier analyse les ruptures fragiles qui peuvent se produire.

On peut expliquer (WECK) le phénomène par l'existence de contraintes propres associées à un manque de plasticité à la température ambiante. Des essais de laboratoire ont montré que ces contraintes pouvaient atteindre la limite élastique du matériau. Le coefficient de forme intervient aussi. Le conférencier évalue ensuite les valeurs des contraintes réelles existant dans les constructions soudées d'après les enseignements des ponts allemands et du pont de Québec, puis il résume les différentes causes d'apparition de ruptures fragiles : contraintes propres, acier de mauvaise qualité, électrodes à mauvais enrobage, sensibilité du métal de base au vieillissement, la sensibilité à l'entaille à basse température, la conception de l'ouvrage. Il détaille les précautions à prendre contre les contraintes propres : limitation des épaisseurs, liberté de déformation, métal de base plastifiable à température ambiante; et peu sensible à l'entaille à basse température. Le conférencier termine par quelques mots sur les essais de soudabilité américains.

CDU 693.97 : 621.791.

Fed m

Public hygiene.

The transformation of the Bièvre river into a covered gallery. PAOLI (R.), MEYS (M.) and LEVANT (I.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (September 1953), n° 69 [Public works (XXIV)], 10 p., 12 fig.

Mr. PAOLI reviews the history of the drainage work which has been carried on for the Bièvre and its tributaries and indicates the scope of the present scheme.

Mr. MEYS discusses the profile adopted for the underground course of the river. The structures comprise an invert cast by means of wooden forms on which sheet metal was fastened by movable guides and a parabolic vault cast in vacuum concrete on movable forms in sections 2,50 meters long. The connection of these sections is done later on through small special forms.

Then, Mr. LEVANT describes the details of application of the Vacuum Concrete method and the advantages derived from this treatment of concrete.

UDC 628.3.

Dec 1j

Welded structures.

Welding in metal construction. DUNOYER (A.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (September 1953), n° 69 [Metal construction (XI)], 16 p., 37 fig.

Various accidents to welded structures have induced certain doubts. Recently, half of a welded bridge near Quebec collapsed at a temperature of 35°C below zero under its mere own weight. Previously, in Belgium, several bridges over the Albert canal were put out of service due to low temperatures. In Germany, failures happened to the Zoo bridge in Berlin, to the Rüdersdorf bridge and to the Dinsburg bridge. The lecturer analyzes the brittle fractures which may occur.

The phenomenon may be explained (WECK) by the presence of residual stresses added to a lack of plasticity at the ambient temperature. Laboratory tests have shown that these stresses may attain the elastic limit of the material. The form coefficient also plays a part. Then the lecturer evaluates the actual stresses in welded structures according to the lessons of the German bridges and the Quebec bridge. Next he summarizes the different causes of the occurrence of brittle fractures : residual stresses, poor-quality steel, badly-shielded electrodes, tendency of the base metal to age, notch-sensitivity at low temperatures, design of the structure. He shows the precautions to be taken in connection with residual stresses : limitation of thickness, freedom to deform, choice of a base metal plasticizable at ambient temperature and not notch-sensitive at low temperatures. The lecturer concludes with some observations on the American weldability tests.

UDC 693.97 : 621.791.

Quelques aspects de la recherche sur les matériaux aux États-Unis (II). — **Liants hydrauliques, produits céramiques, verre, peinture, matériaux divers.** BROCARD (J.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (septembre 1953), n° 69 [Essais et mesures (XXVII)], 18 p., 30 fig.

Pour répondre aux différentes conditions d'utilisation du chantier, les Américains n'emploient pratiquement que du ciment portland artificiel; ils sont donc obligés d'en faire varier la composition chimique et cela les a conduits à étudier de très près les propriétés techniques des différents constituants des clinkers.

Les recherches physico-chimiques sur l'utilisation des ciments et des bétons sont très diverses. Elles permettent de suivre les phénomènes d'hydratation, de caractériser dans certains cas les différents constituants des ciments durcis et de contrôler les expansions dues aux réactions entre ciments et agrégats.

Les Américains utilisent dans le béton certains produits d'addition dont les principaux sont les entraîneurs d'air et ont étudié les effets de l'adjonction de certains polymères vinyliques. Les produits ralentisseurs d'évaporation (curing compounds) sont très utilisés, et les matériaux pouzzolaniques, en particulier les cendres volantes de centrales thermiques, commencent à l'être surtout pour les travaux en grosse masse.

Par l'emploi d'isotopes radioactifs il est possible de faire sur le chantier des mesures immédiates de densité et de teneur en eau des sols ou des bétons.

Les plâtres américains diffèrent très sensiblement des plâtres français. Ils sont souvent plastifiés à la chaux grasse et mélangés à du sable pour constituer des mortiers ou à des fibres, de bois ou autres, pour réaliser des enduits isolants insonores, ignifuges, etc.

Le verre est très utilisé sous toutes ses formes dans la construction.

Les produits de terre cuite ne sont pas aux États-Unis des matériaux de base. Les briques sont tout de même très utilisées mais la plupart du temps sous forme de parement.

Les peintures sont uniquement préparées en usines. Pour les intérieurs, de nouvelles peintures émulsionnées au latex synthétique paraissent avoir un gros avenir. Dans l'industrie et généralement dans tous les milieux agressifs on utilise des peintures de très bonne qualité à base de résines synthétiques.

CDU 691.

Dic joj' dif jin s *Isolation
thermique et acoustique.*

La perméabilité des bâtiments à l'air, aux gaz et aux vapeurs. CADIERGUES (R.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (septembre 1953), n° 69 [Équipement technique (XXXVII)], 28 p., 30 fig.

L'auteur, après avoir indiqué le but et la limite de l'exposé, montre l'influence de la perméabilité sur l'isolation thermique et acoustique et les conditions du choix rationnel de la perméabilité à l'air ou à la vapeur d'eau des bâtiments; il indique ensuite les lois générales de la perméabilité et leur représentation sous forme de courbes caractéristiques. Une deuxième partie est consacrée à la perméabilité à l'air des matériaux, des structures fixes à joints secs, des structures mobiles (fenêtres, portes, etc.), et fournit des renseignements numériques complets, résultant de toutes les recherches internationales connues, présentés sous forme comparée et condensée. Une troisième partie est consacrée de façon analogue à la perméabilité à la vapeur d'eau et fournit des indications sur les conclusions qui peuvent être tirées des résultats précédents quant à la perméabilité aux autres gaz. Une quatrième partie est consacrée aux formules générales sur la perméabilité et est complétée par une bibliographie des travaux utilisés dans l'étude.

CDU : 699.86 : 699.844.

Some aspects of research on materials in the United States (II). — **Hydraulic binders, ceramics, glass, paints, various materials.** BROCARD (J.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (September 1953), n° 69 [Testing and measurements (XXVII)], 18 p., 30 fig.

To cope with different field conditions of use, the Americans employ for all practical purposes only portland cement. Thus, they are compelled to vary its chemical composition and this has led them to investigate closely the technical properties of the different constituents of clinker.

The physico-chemical research on the use of cements and concretes is highly diverse. It makes possible to follow the hydration phenomena, to characterize in certain cases the different constituents of hardened cements and to control the expansion caused by cement-aggregate reaction.

The Americans use in concrete certain admixtures, the main ones of which are the air-entraining agents, and have investigated the effects of adding certain vinyl polymers. The curing compounds are widely used and puzzolanic materials, particularly fly ash from the thermic power stations, are beginning to be used for mass work.

By using radioactive isotopes it is possible to make immediate measurements in the field of the specific gravity and the water content of soils or concretes.

American plasters differ very markedly from French plasters. They are often plasticized with rich lime and mixed with sand to make mortars or mixed with wood and other fibers to make insulating soundproof and fireproof coatings, etc.

Glass in all its forms is much used in construction.

The ceramics are not basic materials in the United States. All the same, bricks are much used, but most of the time as facing.

The paints are entirely factory-prepared. As indoors paints, the new latex emulsion paints seem to have a great future. In industry and in all aggressive conditions, generally, very good quality synthetic resin paints are used.

UDC 691.

Dic joj' dif jin s *Thermal
and acoustical insulation.*

The permeability of buildings to air, gases and vapors. CADIERGUES (R.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (September 1953), n° 69 [Technical equipment (XXXVII)], 28 p., 30 fig.

After sketching the purpose and the limits of his paper, the author shows the influence of permeability on thermal and acoustical insulation and the conditions of a rational choice of permeability of buildings to air or vapour. Then he mentions the general laws of permeability and their representation in the form of characteristic curves. A second part deals with the permeability to air of materials, of fixed structures with dry joints, of movable elements (windows, doors, etc...). He gives complete numerical information, the result of all the known international research, presented in a comparative and condensed form. A third part deals in an analogous manner with permeability to vapour and gives data on conclusions which may be drawn from the preceding results as to permeability to other gases. A fourth part deals with general permeability formulas and concludes with a bibliography of the research work used in this investigation.

UDC : 699.86 : 699.844.

Dic l' cof I **Congrès du chauffage.**

L'enseignement français du chauffage et du conditionnement d'air. BARRAULT (Ch.); Ann. I. T. B. T. P., Fr. (septembre 1953), n° 69 [Équipement technique (XXXVIII)], 3 p.

Le conférencier précise les conditions dans lesquelles l'enseignement professionnel des ouvriers monteurs, fumistes, tôliers, dessinateurs-projeteurs, techniciens, mètres, ingénieurs, est organisé en France.

CDU 697 (061.3).

Dic l' cof I **Congrès du chauffage.**

La documentation française et internationale en chauffage, ventilation et conditionnement d'air. CADIERGUES (R.); Ann. I. T. B. T. P., Fr. (septembre 1953), n° 69 [Équipement technique (XXXVIII)], 7 p.

Après avoir insisté sur l'importance de la documentation, complément indispensable de l'enseignement technique, l'auteur décrit les principaux centres spécialisés de documentation concernant la thermique et les techniques connexes. Il passe ensuite en revue les différents périodiques étrangers et français; puis, par classes techniques, les ouvrages qui peuvent être recommandés. Une dernière partie est consacrée à la documentation commerciale et à la nécessité de relever sur ce point le niveau des publications françaises.

L'auteur termine en résumant les différentes faiblesses actuelles de notre documentation : il indique les solutions qui pourraient être proposées à cette situation.

CDU 697 (061.3).

Did ji **Éclairage naturel.**

Études anglaises, suédoises et allemandes d'éclairage naturel. DOURGNON (J.), HOPKINSON (R. G.), PLEIJEL (G.), ARNDT (W.); Ann. I. T. B. T. P., Fr. (septembre 1953), n° 69 [Équipement technique (XXXIX)], 30 p., 48 fig.

De plus en plus, la distinction se fait sentir entre l'ensoleillement et l'éclairage naturel, l'ensoleillement ouvrant des problèmes dépassant très nettement le domaine « visuel » et le technicien est maintenant en mesure de fournir à l'architecte les renseignements pour ce qui concerne l'ensoleillement.

En Angleterre, les études poursuivies depuis quelques années ont porté sur les rapporteurs spéciaux pour calcul de l'éclairage naturel industriel, l'étude sur maquettes de l'éclairage naturel des salles de classe tenant compte de l'influence et de l'importance de tous les facteurs qui interviennent, l'étude de l'éclairage naturel des hôpitaux et des habitations intertropicales.

Les techniciens suédois ont effectué quelques études climatologiques et ont mis en évidence la multiplicité des solutions « expérimentales » sur maquettes qui peuvent être apportées aux problèmes d'éclairage naturel et d'ensoleillement.

Les études allemandes ont porté surtout sur les questions de principe : nécessité — et difficulté — de révision de la norme allemande d'éclairage naturel, accord général sur le critère essentiel : facteur de jour de 1 % au milieu des locaux. Mais elles n'ont pas négligé les études sur maquettes d'éclairage naturel en site urbain, qui ont montré la nécessité d'augmenter les dimensions des fenêtres aux étages inférieurs par rapport à celles des étages supérieurs dans les bâtiments sur rue.

CDU : 696.92.

Dic l' cof I **Congress for heating.**

The tuition of heating and air conditioning in France. BARRAULT (Ch.); Ann. I. T. B. T. P., Fr. (September 1953), n° 69 [Technical equipment (XXXVIII)], 3 p.

The lecturer points out the conditions under which professional tuition of erectors, chimney-builders, sheetiron workers, designers, technicians, surveyors, engineers, etc. is planned in France.

UDC 697 (061.3).

Dic l' cof I **Congress for heating.**

French and international heating, ventilating and air conditioning documentation. CADIERGUES (R.); Ann. I. T. B. T. P., Fr. (September 1953), n° 69 [Technical equipment (XXXVIII)], 7 p.

After stressing the importance of technical literature, an indispensable complement to technical teaching, the author describes the main centers specializing in heating and allied techniques. Then he reviews the various French and foreign periodicals and, in technical classifications, the works which can be recommended. The last part deals with commercial literature and the necessity of raising the level of French publications in this respect.

Finally the author sums up the different present-day weaknesses of our technical literature. He brings forward some solutions to improve that state of things.

UDC 697 (061.3).

Did ji **Natural lighting.**

English, Swedish and German investigations on natural lighting. DOURGNON (J.), HOPKINSON (R. G.), PLEIJEL (G.), ARNDT (W.); Ann. I. T. B. T. P., Fr. (September 1953), n° 69 [Technical equipment (XXXIX)], 30 p., 48 fig.

More and more the distinction between insolation (irradiation from the sun) and natural lighting is stressed upon, insolation presenting problems that clearly surpass the "visual" range. The technician is now able give the architect the needed information on insolation.

In Britain, the investigations carried on for several years have born on special devices for calculating natural industrial lighting, on scale models of natural lighting in classrooms, taking into account the influence and the importance of all the intervening factors, and on the natural lighting of hospitals and intertropical dwellings.

The Swedish technicians have carried out some climatological investigations and have made evident the multiplicity of "experimental" solutions on scale models which can be applied to the problems of natural lighting and insolation.

The German investigations bear above all, on questions of principle : necessity (and difficulty) of revising the German standard for natural lighting, general agreement on the essential criterion : day factor of 1 % in the middle of the premises. But they did not neglect the investigations on scale models of natural lighting under urban conditions, which have shown the necessity of increasing the size of windows in the lower stories as compared with those in the upper stories in buildings facing a street.

UDC : 696.92.

SUPPLÉMENT AUX

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

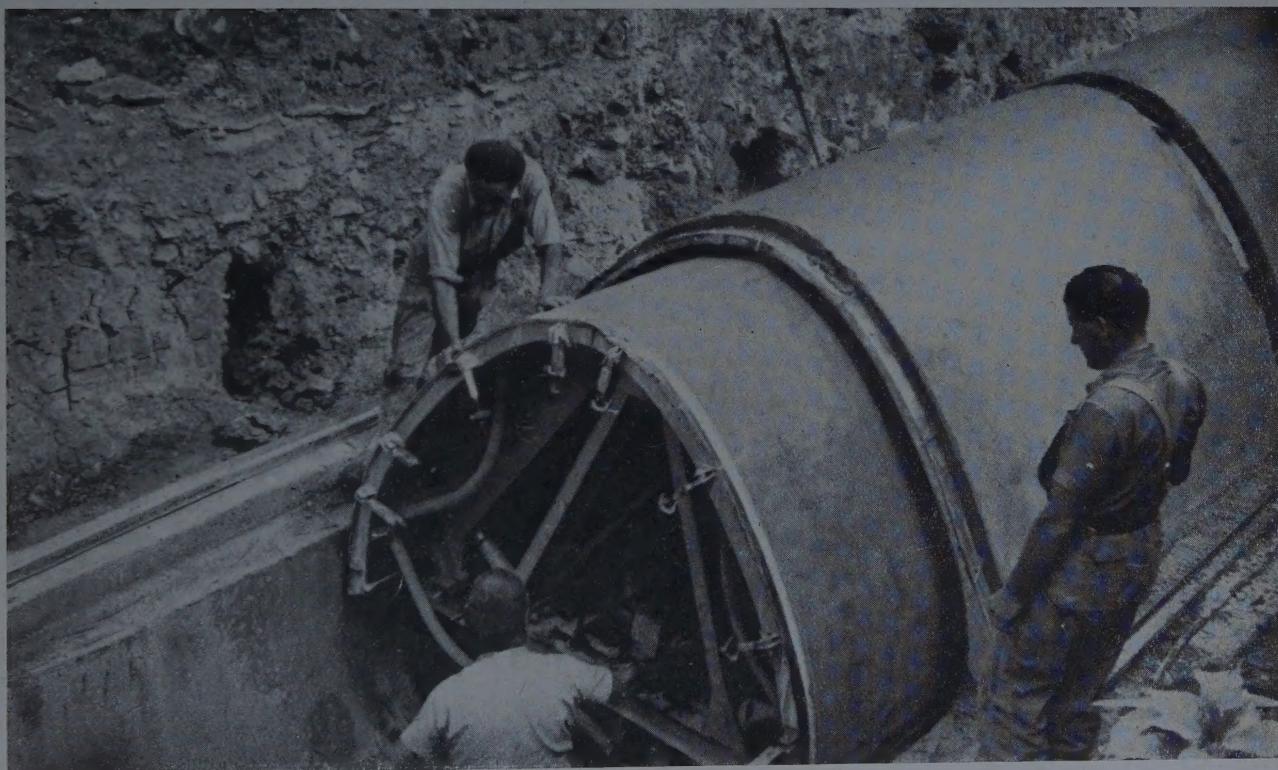
SEPTEMBRE 1953

Sixième Année, N° 69.

Série : TRAVAUX PUBLICS (XXIV).

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

VISITE DE CHANTIER DU 10 JUILLET 1952



TRAVAUX DE MISE EN GALERIE DE LA BIÈVRE

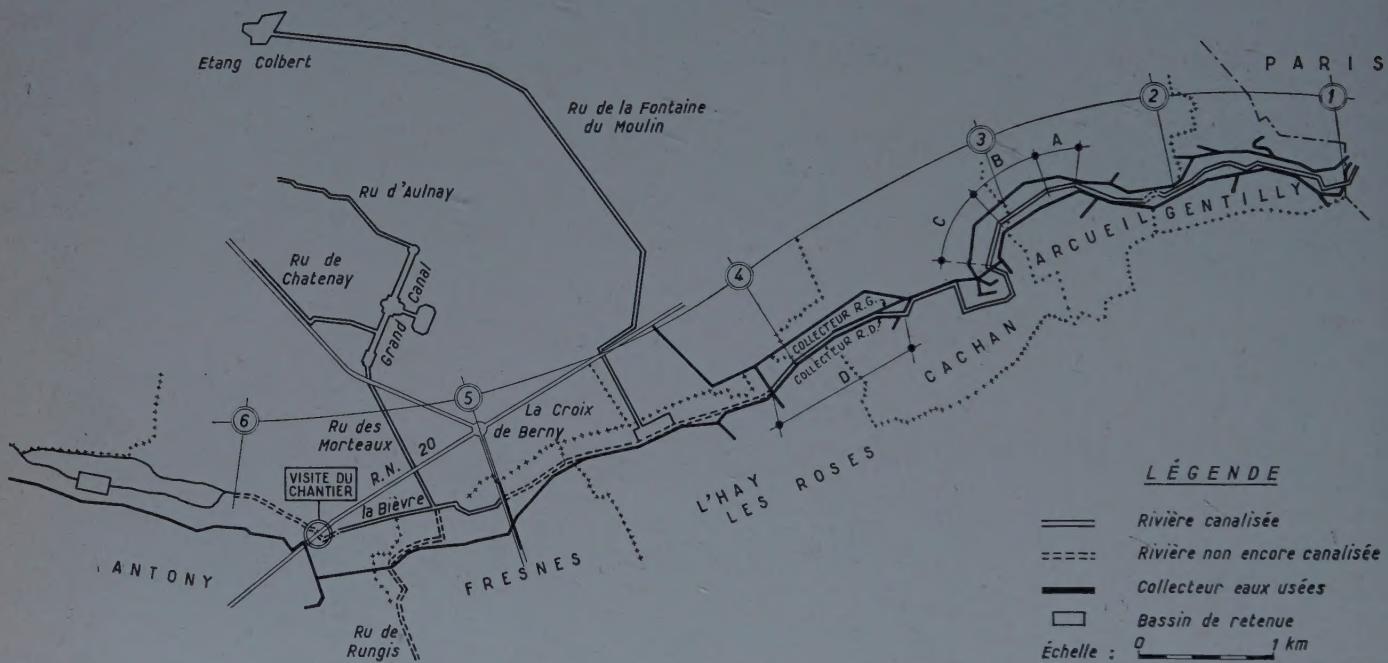
MM. R. PAOLI et M. MEYS.

DESCRIPTION DES PROCÉDÉS VACUUM CONCRETE

M. I. LEVIANT.

INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

TRAVAUX DE MISE EN GALERIE DE LA BIÈVRE



Plan général.

RÉSUMÉ

M. PAOLI rappelle l'historique des travaux d'assainissement qui ont été entrepris pour la Bièvre et ses affluents et indique la consistance du projet actuel.

M. MEYS expose le profil adopté pour la mise en souterrain de la rivière, comportant une cuvette coulée sur coffrages en bois tôle maintenu par des fermettes et une voûte parabolique coulée en béton traité par le vide sur coffrage roulant, par tronçons de 2,50 m; le raccordement des tronçons est fait après coup sur petits coffrages spéciaux.

M. LEVIANT décrit ensuite le détail d'application du procédé Vacuum Concrete et les avantages résultant de ce traitement du béton.

SUMMARY

Mr. PAOLI reviews the history of the drainage work which has been carried on for the Bièvre and its tributaries and indicates the scope of the present scheme.

Mr. MEYS discusses the profile adopted for the underground course of the river. The structures comprise an invert cast by means of wooden forms on which sheet metal was fastened by movable guides and a parabolic vault cast in vacuum concrete on movable forms in sections 2,50 meters long. The connection of these sections is done later on through small special forms.

Then, Mr. LEVIANT describes the details of application of the Vacuum Concrete method and the advantages derived from this treatment of concrete.

EXPOSÉ DE M. PAOLI

Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Les travaux de mise en galerie de la Bièvre s'insèrent dans le programme général d'assainissement du département de la Seine dont les bases ont été jetées par une délibération du Conseil général en date du 26 décembre 1929.

Ce programme prévoit notamment que le bassin versant de la Bièvre sera équipé dans le système séparatif, c'est-à-dire que les eaux usées seront conduites dans des ouvrages spéciaux jusqu'aux émissaires, tandis que les eaux pluviales seront réunies dans des conduites distinctes des ouvrages précédents et dirigées vers les rivières convenablement aménagées qui en constitueront l'exutoire naturel.

Dans la zone considérée, la Bièvre et ses affluents sont donc un des éléments du réseau d'assainissement du département de la Seine et doivent être équipés pour répondre au rôle qu'ils doivent jouer. Les travaux de mise en galerie de la Bièvre entrepris par le département répondent ainsi à un premier objet, la poursuite du plan d'assainissement général par la réalisation du système séparatif dans la zone desservie par cette rivière et ses affluents.

Mais deux autres considérations sont intervenues également dans la conception du projet. La Bièvre est en effet sujette, à la fonte des neiges et lors des orages importants, à des crues violentes et subites. Des travaux de régularisation ont été exécutés par le département pour limiter la zone envahie par les eaux, notamment la construction d'un bassin de retenue à l'Haÿ-les-Roses et d'un autre à Antony. Il convenait que les travaux de mise en galerie de la Bièvre continuent l'œuvre entreprise à ce point de vue, en facilitant l'écoulement des crues par la régularisation de son cours, notamment en supprimant ses méandres et en rectifiant sa pente.

D'autre part, la Bièvre découverte constituait, malgré les interdictions et les surveillances, un lieu de dépôt d'immondices et recevait des déversements clandestins d'eaux vannes. En période de basses eaux, l'écoulement était insuffisant pour entraîner ces dépôts ou diluer ces déversements et la stagnation dans le lit de la rivière d'eaux fortement polluées retenues derrière des barrages d'immondices constituait une source d'émanations pestilentielles et d'épidémies. Le Conseil départemental d'hygiène de la Seine s'en est ému et la couverture de la rivière, en supprimant automatiquement les causes de ces inconvénients, répondra à un besoin d'hygiène très urgent.

Nous examinerons quelles ont été les conditions techniques imposées aux ingénieurs par les trois ordres de considérations qui viennent d'être exposés.

En sa qualité de cours d'eau non navigable ni flottable, la rivière de Bièvre est assujettie à la loi du 8 avril 1898 qui perpétue notamment les anciennes règles relatives à l'usage et à l'entretien du cours d'eau.

En l'espèce, ces anciennes règles résultent principalement d'un arrêt du Conseil d'État du Roi en date du 26 février 1732 qui a fixé dans quelles conditions les riverains pouvaient effectuer des déversements en rivière, y faire des prélèvements pour produire la force motrice ou pour d'autres usages (arrosage, teinturerie, tannerie). Cet arrêt avait fixé également la distance, comptée de l'axe de la rivière, en deçà de laquelle les riverains ne sont pas autorisés à construire et doivent laisser libre passage aux surveillants de l'Administration. Il avait pour objet de réprimer l'usage abusif qui paraît avoir été fait de la rivière au cours du XVII^e siècle et qui accroissait les conséquences de ses crues.

Avant les travaux actuellement entrepris, la Bièvre avait déjà perdu son caractère naturel sur une grande partie de l'aval de son cours. Elle est en effet depuis longtemps presqu'entièrement canalisée et couverte dans Paris ainsi que dans la traversée des communes situées dans la banlieue immédiate, Gentilly, Arcueil et Cachan. Pour cet aménagement on a réalisé des sections de différents types qui sont représentées par les figures 1 à 4.

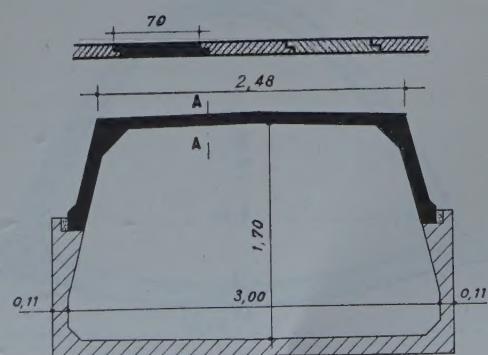


FIG. 1. — Couverture réalisée dans les zones 1-2, 2-3, 3-4 du plan (sauf sections A, B, C, D).

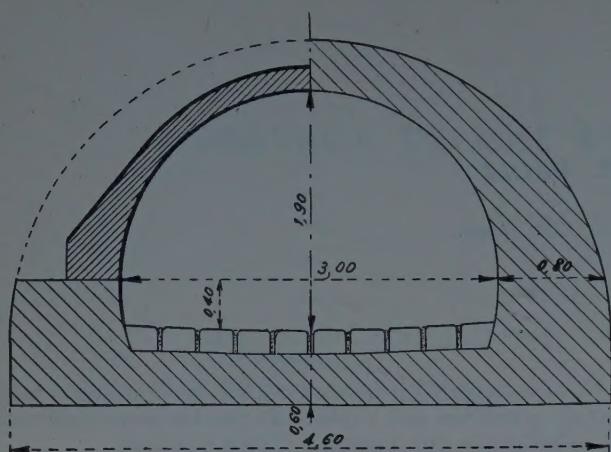


FIG. 2. — Maçonnerie de moellons.

Commune d'Arcueil : entre la rue Étienne-Dolet et la rue de l'Ardenay (à gauche, section A; à droite, section B).

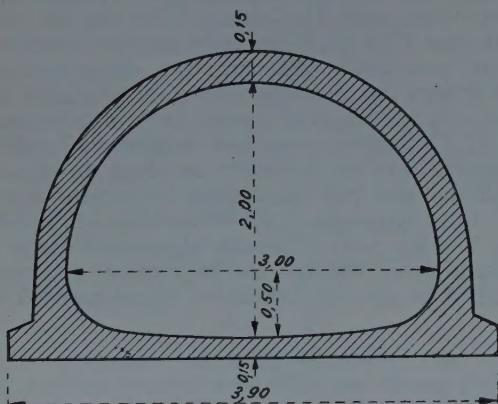


FIG. 3. — Section C en béton armé.

Commune de Cachan : avenue Cousin-de-Méricourt entre la place Gambetta et la rue Étienne-Dolet.

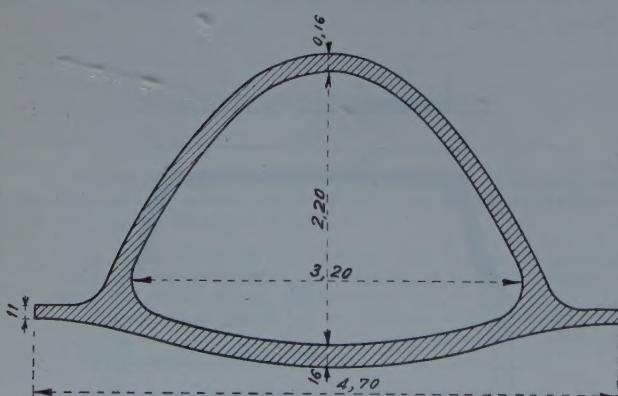


FIG. 4. — Section D en béton armé.

Commune de l'Haÿ-les-Roses : avenue Wattier, entre la rue de la Cosarde et l'aqueduc du Loing à Cachan.

En amont c'est une petite rivière dont le lit d'environ 4 m de largeur présente de nombreuses sinuosités et souvent plusieurs bras (rivière vive et rivière morte), vestiges des travaux d'aménée de l'eau aux anciens moulins. Sauf en période de crue le cours en est lent et paisible, presque nul en été ; mais au moment d'une crue le volume des eaux augmente rapidement et a provoqué dans le passé des inondations importantes. Un bassin de retenue a été construit à l'Haÿ-les-Roses, un autre à Antony. Ils permettent d'emmagerer, le premier 50 000 m³ et le second 80 000 m³ et ont grandement amélioré la situation sans toutefois parvenir à supprimer complètement les inconvénients redoutés.

Des travaux ont été également entrepris par le département pour régulariser le cours de ses affluents. Le ruisseau de la Fontaine du Moulin en particulier qui aboutit au bassin de l'Haÿ-les-Roses est presque entièrement transformé en collecteur pluvial et l'étang Colbert qui s'y déverse, doit être aménagé en bassin de retenue en lui conservant son caractère. Les rus d'Aulnay et de Châtenay se déversent dans la pièce d'eau du Parc de Sceaux dont ils assurent l'alimentation. Ils sont eux aussi canalisés, tout au moins sur la partie aval de leur cours et la pièce d'eau joue le rôle de régulateur. Son exutoire, le ru des Morteaux, s'écoule maintenant dans une buse cylindrique jusqu'à son confluent avec la Bièvre, ce confluent étant d'ailleurs situé dans la section à canaliser qui fait l'objet du présent exposé. Le ru de Rungis, affluent de la rive droite, doit lui aussi être aménagé.

Le projet actuel se développe sur une longueur de 2 180 m entre l'aval du Moulin d'Antony et la route nationale 186. La différence d'altitude des points de départ et d'arrivée est de 2,50 m. La pente moyenne, un peu supérieure à 1 mm/m, a été répartie entre deux sections, l'une de 1 435 m de longueur, avec pente de 1 mm/m, l'autre de 745 m de longueur, avec pente de 1,4 mm/m. Le choix de pentes successives différentes permet de réaliser deux biefs susceptibles d'un débit croissant de l'amont vers l'aval et répond aux apports d'eau rencontrés en cours de route, sans que la section de l'ouvrage change d'un bief à l'autre.

Le débit solide de la rivière est important et il entraînait un curage annuel du lit de la rivière, avant sa canalisation, qui avait pour objet de rétablir une section d'écoulement suffisante. Il a paru intéressant d'avoir une section constante (en principe circulaire) d'un bout à l'autre du tronçon à canaliser, de façon à pouvoir réaliser le curage à la boule permettant d'éliminer les dépôts par simple circulation d'une boule de l'amont vers l'aval, sans utilisation importante de main-d'œuvre.

D'après les observations dont disposaient les ingénieurs pour l'établissement de leur projet, les eaux à écouler en période d'orages ou de crues peuvent atteindre dans la partie la plus chargée environ 6 m³/s. Compte tenu de la pente, un ouvrage circulaire devait avoir 2,10 m de diamètre pour écouler ce débit.

Les moulins construits sur le cours de la rivière ont eu pour effet de ramener par endroits la pente de la rivière à des valeurs très faibles, afin d'utiliser une chute aussi grande que possible. Puisque l'on peut disposer

maintenant utilement de la différence de niveau entre l'amont et l'aval pour la répartir sur toute la longueur du projet, l'ouvrage à construire se trouve nécessairement à des profondeurs très variables par rapport au lit de la rivière : à fleur de sol à l'aval des moulins, nettement enterré à l'amont.

L'exécution d'un ouvrage circulaire de 2,10 m de diamètre restait en tout état de cause délicate en raison des difficultés d'accès. Aussi l'Entreprise Quillery a-t-elle proposé de substituer à l'exécution sur place par section entière d'un ouvrage circulaire la réalisation en deux

temps d'un ouvrage ovoïde composé d'une partie basse semi-circulaire surmontée d'une partie haute parabolique. C'est cette solution qui a été finalement retenue par l'Administration qui s'est assurée au préalable qu'elle permettait le curage à la boule projeté. A cet effet un modèle réduit de l'ouvrage a été établi et des boules de différents diamètres y ont été introduites. L'expérience a montré que la circulation de la boule s'y effectuait d'une façon aussi satisfaisante que dans un ouvrage circulaire, pourvu que le diamètre en ait été convenablement choisi.

EXPOSÉ DE M. MEYS

Sous-Directeur Technique de l'Entreprise Quillery.

Choix du profil.

Au moment de l'étude préliminaire de mise en route des travaux, l'Entreprise a cherché une solution qui, tout en répondant au problème hydraulique imposé, permettrait la réalisation de l'ouvrage dans les meilleures conditions possibles, compte tenu des difficultés d'accès, et de la situation topographique du chantier (situé au milieu des propriétés privées).

Le cours de la Bièvre qui est assez sinueux, ne se prêtait pas à l'utilisation d'éléments de coffrages métalliques traditionnels permettant d'obtenir, grâce à leur longueur, une cadence d'avancement rapide des travaux.

Il fallait donc rechercher une méthode d'exécution assez souple pour s'adapter à ces difficultés.

Le profil adopté est susceptible d'être exécuté en deux temps et présentait, à notre avis, l'avantage de répondre aux conditions énoncées précédemment à condition que les coffrages soient étudiés de façon à pouvoir s'y adapter eux-mêmes.

Définition de l'ouvrage.

Ce dernier se décompose en deux parties bien distinctes :

1^o Une cunette de forme classique de 2,10 m de diamètre aux naissances, coulée sur des coffrages en bois tôlé reposant sur des fermettes espacées de 2 m d'axe en axe. Cette première partie de l'ouvrage ne présente aucune caractéristique spéciale. Le mode d'exécution par fermettes bois et panneaux amovibles a permis d'obtenir une certaine souplesse de l'ensemble du coffrage dans le sens longitudinal. Il a été possible de ce fait de passer sur tout l'ensemble du cours assez sinueux de l'ouvrage.

2^o Une voûte en arc de parabole, coulée en béton traité par le vide au moyen d'un double coffrage se déplaçant sur deux chemins de roulement, reposant sur la cunette. La voûte est coulée par anneaux de 2,50 m de longueur en réservant un vide de 30 cm entre chaque coulage, afin d'éviter la transmission des vibrations des vibrateurs montés sur le dernier élément démoulé par décoffrage instantané.

Ces vides de 30 cm sont eux-mêmes coulés après coup au moyen de petits coffrages spéciaux comme on réalise des bagues de tuyau. Ces voûtes ont 8 cm d'épaisseur à la clé et 15 cm d'épaisseur aux naissances. Elles sont armées d'une double nappe en fils d'acier demi-dur de 3 et 4 mm et ont été calculées comme encastrées sur la cunette inférieure.

La construction de ces petites voûtes était le gros problème nouveau de l'opération et c'est pourquoi l'Entreprise les a réalisées avec un coffrage assez court qui a permis par sa conception, de passer dans l'ensemble du chantier, malgré les zones d'accès difficile rencontrées.

Leur forme auto-stable se prêtait particulièrement bien au démoulage instantané des pièces; pour des raisons d'ordre hydraulique la fibre moyenne de la voûte n'est pas un arc de parabole parfait.

L'étude de cette pièce a été faite en collaboration avec la Société Vacuum Concrete et l'épaisseur des voûtes déterminée en fonction des possibilités de résistance mécanique du béton traité. La longueur de 2,50 m a été choisie en tenant compte du rayon des différentes courbes rencontrées sur la longueur de l'ouvrage.

Étude du moule

Le moule (fig. 5) a fait l'objet de nombreuses études, car tout en assurant un fonctionnement mécanique dans les meilleures conditions possibles, il fallait obtenir une étanchéité parfaite des différentes chambres à vide qui sont situées sur toute la surface périphérique des pièces. Tout particulièrement il fallait obtenir une étanchéité parfaite des abouts, tout en réservant des barres de jonction servant d'amorce en extrémité des voûtes pour assurer la reprise avec les bagues.

Le moule se compose de deux pièces principales distinctes :

Le moule supérieur ;
Le moule inférieur.

Moule supérieur.

Le moule supérieur qui est monté sur galets se déplace sur une voie dont l'emplacement a été prévu sur les deux parties supérieures de la cunette.

Le moule inférieur se déplace également sur une voie qui repose sur le radier de la cunette ; le profil en long servant de réglage à la voûte se trouvait ainsi automatiquement déterminé par la cunette exécutée au préalable.

Le moule supérieur est composé de la manière suivante :

La coquille en tôle de 5 mm d'épaisseur prend appui sur deux fermettes qui reposent elles-mêmes sur les têtes de quatre vérins. Ceux-ci prennent appui sur le bâti inférieur du portique sur lequel sont montés les galets de roulement.

La coquille est donc totalement indépendante du portique supérieur. Elle se trouve articulée sur les têtes des vérins qui assurent son réglage et son décoffrage après l'opération de coulage.

Ces vérins sont hydrauliques et le groupe de quatre est commandé par une pompe qui assure leur manœuvre.

Pour éviter la transmission des vibrations dans le portique supérieur les quatre têtes des vérins sont isolées de la coquille par des blocs de caoutchouc pris dans des cages métalliques qui servent d'amortisseurs.

Moule inférieur.

Le moule inférieur se décompose lui-même en deux parties distinctes :

Le chariot qui supporte un groupe de quatre vérins hydrauliques assurant la translation verticale du moule, et sur lequel sont montés les galets de roulement qui permettent son déplacement dans le sens longitudinal.

La coquille supérieure montée sur deux fermettes repose sur les têtes des vérins du bâti inférieur également par l'intermédiaire de blocs de caoutchouc servant d'amortisseurs.

Cette dernière est constituée dans son ensemble par une tôle de 5 mm d'épaisseur raidie longitudinalement par des cornières $50 \times 50 \times 5$ servant de conduites de vide, et vient prendre appui sur deux fermettes perpendiculaires aux cornières.

Le déplacement transversal de ces fermettes articulées en tête, est obtenu au moyen de quatre vérins hydrauliques obliques qui assurent le réglage et qui permettent le décoffrage de la pièce après la fin du traitement. Ces deux groupes de quatre vérins sont commandés par une pompe et leur manœuvre est assurée au moyen d'un by-pass.

Remplissage du moule.

A la partie supérieure du moule supérieur, une trémie de remplissage ayant la longueur du moule a été réservée. Cette opération n'a, dans son ensemble, jamais présenté aucune difficulté.

Le traitement de cette partie a été obtenu au moyen de deux petits panneaux mobiles appliqués après coup sur le béton, après terminaison du remplissage. Cette partie est traitée en même temps que l'ensemble de la pièce.

Station de traitement.

La station de traitement qui précède le moule se déplace au fur et à mesure de l'avancement du chantier sur la voie située au fond de la cunette.

Cette station est constituée par une pompe à vide actionnée par un moteur électrique de 10 ch. La pompe engendre un volume de $340 \text{ m}^3/\text{h}$ à 1 450 tours. Le moteur et la pompe sont montés sur un massif en béton dont les vibrations sont amorties par une plaque de liège interposée entre le massif et le bâti du chariot.

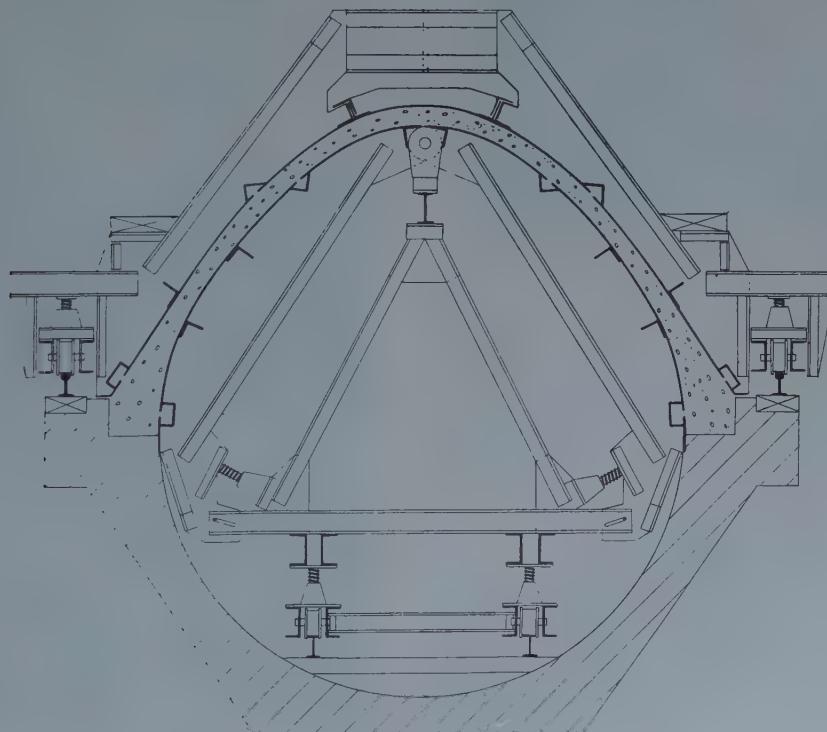


FIG. 5. — Ensemble du coffrage Vacuum pour la voûte parabolique de couverture de la zone 5-6.

DESCRIPTION DES PROCÉDÉS « VACUUM CONCRETE »

EXPOSÉ DE M. LEVIANT

Ingénieur des Ponts et Chaussées. Agent général de la Société Vacuum Concrete.

« Quinze minutes après avoir terminé le remplissage du moule, celui-ci peut être entièrement enlevé laissant une voûte en béton frais pseudosolidifié, parfaitement stable » (voir photo de couverture et fig. 6).



FIG. 6. — Voûte après décoffrage.

Ce simple énoncé souligne le caractère exceptionnel des procédés employés. Alors que les moules et coffrages classiques avaient un rôle « passif » (empêchant le béton de couler jusqu'à ce que la cristallisation se fasse), les moules aménagés suivant la technique Vacuum Concrete sont « actifs » (fig. 5).

Grâce à un revêtement filtrant établi sur la face interne des moules et que l'on met en communication avec une unité de vide, on déclenche une action de serrage du béton frais par la pression atmosphérique elle-même (et sans l'intermédiaire d'aucun moyen mécanique). Ce serrage compacte le squelette des agrégats à l'extrême, réduisant les espaces réservés à la pâte ciment-eau ; une partie notable de l'eau de cette pâte est concentrée au point de devenir extrêmement cohérente. Au moment où le traitement par le vide est interrompu, s'établissent sur la surface du béton traité, au débouché de tous les

canalículos interstitiels, des ménisques capillaires à très forte courbure. L'ensemble de ces ménisques exerce une « étreinte capillaire » sur la masse de béton frais qu'elle maintient comme dans une gaine invisible.

C'est ce phénomène de pseudosolidification, et non plus la lente cristallisation du ciment, qui permet la libération des moules et leur réemploi très fréquent (économies atteignant 80 %).

En outre, le traitement améliore la qualité finale du béton par la réduction du rapport E/C. Des valeurs de $E/C = 0,31$ ont pu être atteintes en partant de bétons bien plastiques, de mise en œuvre facile. D'où économie de ciment possible, réduction du retrait, durcissement plus rapide, etc.

Dans les procédés Vacuum Concrete, la vibration et les plastifiants sont utilement associés à l'action du vide.

Ce qui est particulièrement frappant est la simplicité du matériel d'emploi du vide (moule métallique avec revêtement interne de quelques millimètres d'épaisseur) et le peu d'importance du matériel de production de vide (plus petit qu'un compresseur banal de chantier).

On peut dire en conclusion qu'il s'agit là de la mobilisation d'une nouvelle forme d'énergie — la pression

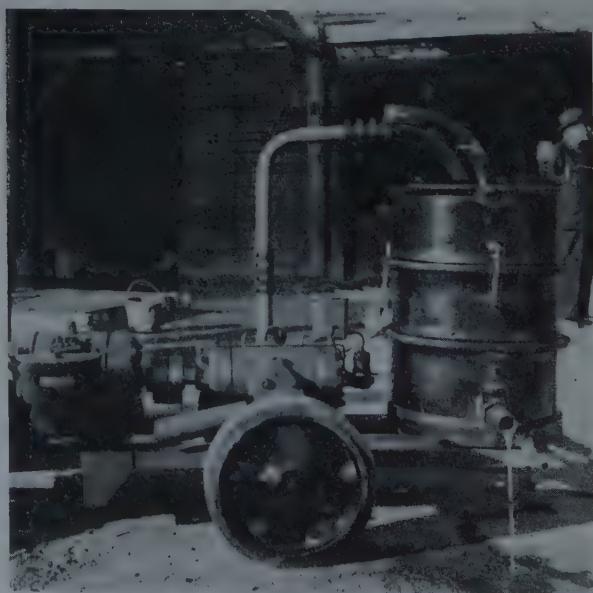


FIG. 7. — Type de pompe à vide utilisée sur les chantiers d'importance moyenne.

atmosphérique — dont les ressources latentes sont mises à la portée du constructeur (fig. 7).

Avantages résultant du traitement.

Un certain nombre d'avantages se retrouvent dans les diverses applications : améliorations de qualité déjà mentionnées plus haut, mais avant tout et plus importants, avantages économiques généraux qui sont les suivants :

- Économie de main-d'œuvre et d'énergie vibratoire : grâce à la coulée d'un béton plastique et ceci tout en obtenant en fin de mise en place (qui, dans ce cas, ne se situe pas à la fin de la coulée mais à la fin du traitement) le béton le plus compact que l'on puisse rechercher, puisqu'il est absolument « no-slump ».

- Économie de ciment : normalement, le dosage de ciment peut être réduit de 25 % tout en obtenant en définitive un béton durci plus résistant.

- Économie de temps : par la mise en service plus rapide, grâce au durcissement accéléré.

- Économie de coffrages : pour ces éléments coulés en coffrage actif, c'est-à-dire traités grâce à un simple revêtement intérieur du coffrage, s'ajoutent à ces avantages généraux des économies extrêmement importantes de coffrages : en effet, les coffrages sont libérés dès la fin du traitement et peuvent resservir immédiatement.



FIG. 8. — Les six derniers éléments coulés correspondent à une production journalière avec un seul moule.

tement. Le nombre des coffrages nécessaires est réduit dans ce cas de 80 % alors que le supplément de prix unitaire résultant de l'aménagement d'un coffrage pour le rendre « actif » ne dépasse pas 20 à 25 % (fig. 8).

Caractéristiques du béton traité après durcissement.

La concentration de la pâte, pendant le traitement avec expulsion d'eau simultanée, amène une notable réduction du rapport E/C.

C'est ainsi, par exemple, qu'il a pu être dans certains cas, ramené de 0,46 à 0,31. Toutes les caractéristiques du béton durci — essentiellement fonction de la valeur de E/C — sont ainsi améliorées.

Mais il ne s'agit pas seulement d'une accélération du durcissement comme en donnent les accélérateurs de prise. La résistance finale est, elle aussi, majorée couramment de 30 % par rapport au béton témoin (résistance à la compression).

La résistance à la traction est, elle aussi, accrue : des essais récents effectués en Italie pour des bétons richement dosés (400 kg/m^3) — donc de qualité un peu exceptionnelle — ont donné :

60 à 70 kg/cm^2 à 7 jours ;
110 à 135 kg/cm^2 à 28 jours.

La résistance au gel est améliorée, mais cette amélioration est moindre que celle qui résulte de l'addition, maintenant courante, d'air occlus au béton. L'association de l'air occlus et du traitement donne une amélioration absolument remarquable de la résistance au gel (fig. 9) ; ceci est assez important lorsqu'une bonne résistance à l'érosion est simultanément recherchée. En effet, l'air occlus seul réduit cette dernière, et le traitement corrige cet effet grâce à l'augmentation qu'il donne de la résistance à l'érosion (c'est cette propriété qui a fait utiliser le traitement Vacuum pour de nombreux déversoirs de barrages).

L'adhérence du béton traité aux armatures ainsi qu'à des bétons anciens (reprises) est excellente.

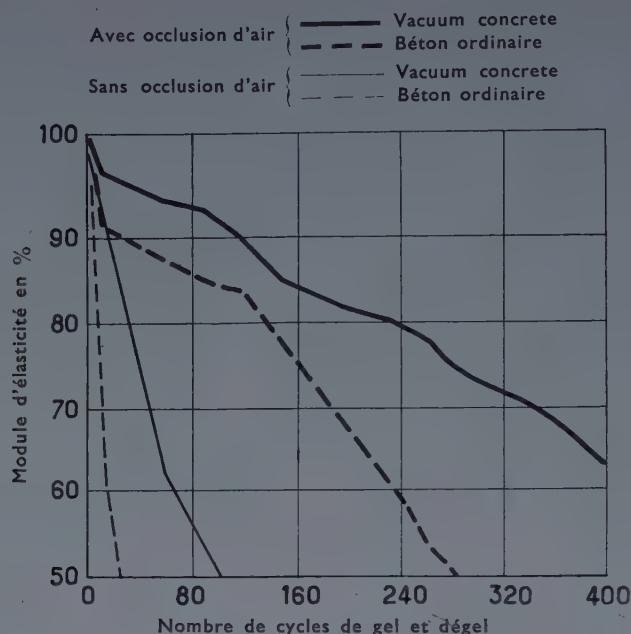
L'imperméabilité est accrue : des essais qui viennent d'être effectués à Paris sur des tuyaux en béton armé de 60" (1,52 m) de diamètre et d'une épaisseur de 5" (0,13 m) ont montré que sous une pression d'eau prolongée de 5 atmosphères, aucune humidité n'apparaissait à la paroi externe. En Italie, des tuyaux de 104" (2,65 m) de diamètre — précontraints au moyen d'un frettage de spires enroulées — travaillent à 12 atmosphères de pression interne.

La surface du béton traité est dénuée de criques, de bulles ou de nids de cailloux ; il arrive généralement lors du remplissage que des bulles soient emprisonnées le long du coffrage et même une bonne vibration n'arrive pas toujours à les éliminer entièrement. Lorsqu'il s'agit de coffrages « actifs », au moment où le traitement est mis en action, ces bulles sont expulsées à travers le filtre et les vides correspondants sont entièrement remplis de pâte.

Le retrait du béton — enfin — est notablement réduit.

Il ne faut pas croire cependant que le béton traité est un béton « désaéré ». En effet, le traitement ne résulte pas d'un phénomène de « succion » mais d'un phénomène de serrage, dans lequel les bulles intérieures — tenues en place par le jeu de forces capillaires — n'ont aucune raison (sauf au contact des surfaces filtrantes) d'être expulsées. La vibration reste le seul moyen d'éliminer les bulles internes ou, en tous cas, les plus grosses d'entre elles ; aussi est-elle utilisée d'une façon très efficace en conjonction avec le traitement par le vide.

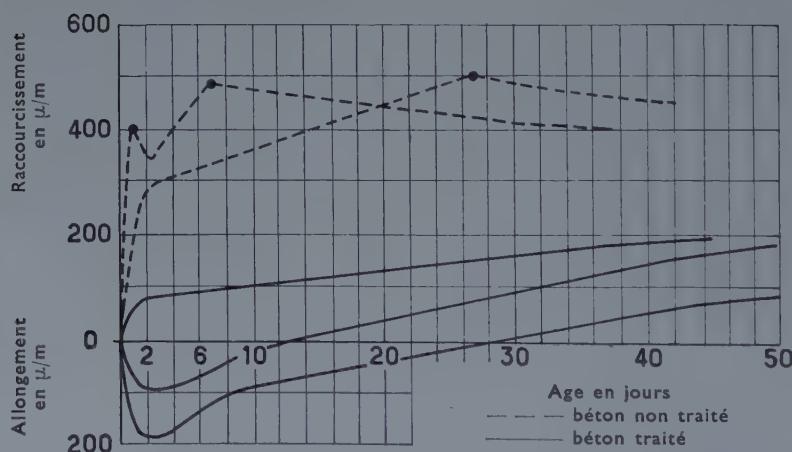
Nous donnons ci-après quelques courbes comparatives des qualités d'un béton Vacuum Concrete par rapport à un béton normal (fig. 9 et 10).



C 13. — Ces courbes sont le résultat d'essais effectués sur des bétons ordinaires et Vacuum Concrete avec ou sans addition d'agent d'occlusion d'air. La résistance au gel est caractérisée par la faible chute du module d'élasticité sous l'effet des cycles gel-dégel.

On voit que le type de béton ayant la meilleure résistance aux cycles accélérés de gel et dégel est le béton Vacuum Concrete à occlusion d'air, le béton ordinaire non traité et sans occlusion d'air étant le moins résistant.

FIG. 9. — Résistance du béton au gel.



C 4. — Mesures effectuées sur prismes de $15 \times 15 \times 120$, maintenus dans une chambre à 15° . Les prismes témoins simplement vibrés étaient confectionnés avec le même béton.

Le traitement apporte une réduction du retrait maximum; ce retrait maximum est atteint beaucoup plus lentement, laissant au béton le temps d'acquérir une résistance plus forte.

Le béton traité étant en outre — à âge égal — plus résistant, les efforts de traction résultant du retrait réduit, ne produisent plus de fissures.

FIG. 10. — Retrait en fonction de l'âge.

(Reproduction interdite.)

SUPPLÉMENT AUX
ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

SEPTEMBRE 1953

Sixième Année, N° 69.

Série : CONSTRUCTION MÉTALLIQUE (XI).

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SÉANCE DU 18 MARS 1952

Sous la présidence de **M. CAMBOURNAC**,

Directeur Honoraire de la S. N. C. F., Président Honoraire de la Société des Ingénieurs Civils de France,
Vice-Président de l'Association Française des Ponts et Charpentes.

**LA SOUDURE
DANS LA CONSTRUCTION MÉTALLIQUE**

Par **M. A. DUNOYER**,

Vice-Président de la Chambre Syndicale des Entrepreneurs de Constructions Métalliques de France.

**INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS
ASSOCIATION FRANÇAISE DES PONTS ET CHARPENTES**

ALLOCUTION DU PRÉSIDENT

Avant de lui donner la parole, je vais, selon l'usage, vous présenter M. DUNOYER.

M. DUNOYER, après avoir terminé ses études secondaires en France, s'est trouvé mobilisé à la fin de la guerre de 1914-1918. Sa démobilisation tardive l'a gêné dans ses études ultérieures, qu'il a finalement poursuivies à l'École d'Ingénieurs de Lausanne de 1921 à 1925. Il a complété sa formation par un stage de deux ans à la Société de Construction de Jambes-Namur alors dirigée par M. DUMONT, qu'un certain nombre d'entre nous avons le plaisir de rencontrer encore à l'*Association Internationale des Ponts et Charpentes*.

En 1927, M. DUNOYER est entré comme ingénieur dans la firme de Constructions Métalliques de son père à Lyon. Il y a, tout de suite, porté son attention sur les questions de soudure, essayant d'appliquer dans ce domaine les connaissances tant théoriques que pratiques qu'il avait acquises en Suisse et en Belgique. Il est devenu Directeur technique de la firme en 1936; il en est Directeur général depuis 1944.

Toujours préoccupé des problèmes que pose la charpente soudée, il y a consacré en 1944 une conférence à la *Société des Ingénieurs Civils de France*, conférence qui lui a valu le prix Moreau de cette Société.

M. DUNOYER est Vice-Président de la Chambre Syndicale des Constructeurs Métalliques, Président de la Commission Technique de cette Chambre et plus particulièrement du Sous-Comité du Soudage; il est membre du Conseil de l'*Association Française des Ponts et Charpentes* et de son Comité Technique, membre du Comité de Direction de l'*Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*.

A tous ces titres, M. DUNOYER est parfaitement qualifié pour exposer l'opinion des constructeurs métalliques sur les problèmes de la soudure.

Je lui donne la parole.

RÉSUMÉ

Divers accidents advenus aux constructions soudées ont jeté le trouble dans les esprits. Récemment la moitié d'un pont soudé près de Québec s'est effondrée par une température de -35°C sous le seul effet de son poids mort. Auparavant, en Belgique, plusieurs ponts sur le canal Albert ont été mis hors service du fait de basses températures. En Allemagne, des accidents se produisirent au pont du Zoo à Berlin, au pont de Rüdersdorf et à Dinsbourg. Le conférencier analyse les ruptures fragiles qui peuvent se produire.

On peut expliquer (WECK) le phénomène par l'existence de contraintes propres associées à un manque de plasticité à la température ambiante. Des essais de laboratoire ont montré que ces contraintes pouvaient atteindre la limite élastique du matériau. Le coefficient de forme intervient aussi. Le conférencier évalue ensuite les valeurs des contraintes réelles existant dans les constructions soudées d'après les enseignements des ponts allemands et du pont de Québec, puis il résume les différentes causes d'apparition de ruptures fragiles : contraintes propres, acier de mauvaise qualité, électrodes à mauvais enrobage, sensibilité du métal de base au vieillissement, la sensibilité à l'entaille à basse température, la conception de l'ouvrage. Il détaille les précautions à prendre contre les contraintes propres : limitation des épaisseurs, liberté de déformation, métal de base plastifiable à température ambiante, et peu sensible à l'entaille à basse température. Le conférencier termine par quelques mots sur les essais de soudabilité américains.

SUMMARY

Various accidents to welded structures have induced certain doubts. Recently, half of a welded bridge near Quebec collapsed at a temperature of 35°C below zero under its mere own weight. Previously, in Belgium, several bridges over the Albert canal were put out of service due to low temperatures. In Germany, failures happened to the Zoo bridge in Berlin, to the Rüdersdorf bridge and to the Dinsburg bridge. The lecturer analyzes the brittle fractures which may occur.

The phenomenon may be explained (WECK) by the presence of residual stresses added to a lack of plasticity at the ambient temperature. Laboratory tests have shown that these stresses may attain the elastic limit of the material. The form coefficient also plays a part. Then the lecturer evaluates the actual stresses in welded structures according to the lessons of the German bridges and the Quebec bridge. Next he summarizes the different causes of the occurrence of brittle fractures : residual stresses, poor-quality steel, badly-shielded electrodes, tendency of the base metal to age, notch-sensitivity at low temperatures, design of the structure. He shows the precautions to be taken in connection with residual stresses : limitation of thickness, freedom to deform, choice of a base metal plasticizable at ambient temperature and not notch-sensitive at low temperatures. The lecturer concludes with some observations on the American weldability tests.

EXPOSÉ DE M. DUNOYER

Avant-propos.

En 1944, j'ai présenté à la *Société des Ingénieurs Civils de France*, une conférence sur le même sujet. J'y traitais surtout des maladies d'enfance de la construction soudée et de ses difficultés et j'y analysais les accidents survenus en Allemagne et en Belgique, pour en tirer des conclusions sur les précautions à prendre dans les ouvrages de ce type, pour éviter des désordres graves.

Les études entreprises depuis cette date et qui sont multiples, si elles ont été fructueuses, n'ont pas abouti à des conclusions bien précises, et il est certain qu'un trouble règne encore dans les esprits.

D'autre part, les règlements actuels ou en préparation pour la construction métallique font état d'une sécurité par rapport à la limite élastique de métal (1,66 pour le règlement français) quand auparavant on se basait sur sa limite de rupture (3 ou 4). Cette conception nouvelle et légitime, se base principalement sur la propriété qu'a l'acier de se plastifier, ce qui permet d'augmenter la contrainte admissible dans les constructions métalliques ($16,5 \text{ kg/mm}^2$ pour les pièces à âme pleine travaillant en flexion).

Mais qu'advient-il s'il se produit des phénomènes dont on n'a pas tenu compte dans l'étude de l'ouvrage (qualité du métal, conception de l'ouvrage, mauvaises dispositions constructives, température, etc.) ?

L'expérience acquise depuis plus de cent ans dans la construction rivée est-elle valable pour la construction soudée ? On peut affirmer, sans contestation possible, que l'adaptation due à la plastification se produit dans les ouvrages *rivés* qui sont des constructions lamellaires. Cette adaptation peut-elle se produire dans les constructions *soudées*, qui, elles, ont un caractère monolithique ? On pourrait en douter.

Une catastrophe sans précédent qui s'est produite l'année dernière au Canada est tout à fait symptomatique. La moitié du pont ouest, du pont de Trois-Rivières, à côté de Québec, s'est rompu brusquement le 30 janvier 1951, sans aucune surcharge, uniquement sous son poids mort. La température observée était de -35° (cf. fig. 18 à 27).

Il vous paraît peut-être surprenant qu'un entrepreneur de constructions métalliques qui défend l'économie de la construction soudée débute sa conférence par l'exposé d'une catastrophe qui fait frémir.

Je me permets de vous faire remarquer qu'un accident enrichit bien plus le technicien que certaines réussites.

C'est pourquoi, j'ai pris le parti, non seulement de citer cet accident, mais encore de reprendre ceux qui se sont produits auparavant en Belgique et en Allemagne, afin d'en tirer des conclusions qui, je l'espère, vous convaincront que tout cela pouvait être évité.

En Belgique.

De 1934 à 1938, dans ce pays, cinquante-deux ponts Vierendeel furent exécutés en construction soudée. Leur portée variait de 60 à 90 m. Ils franchissaient le canal Albert. Ils étaient en acier Thomas assez doux et doux.

L'accident survenu par temps froid au pont de Hasselt en mars 1938 révéla que des accidents moins importants s'étaient déjà produits pendant l'exécution et le montage de ponts de ce type, en particulier au pont de Stockroye en octobre 1936.

Depuis l'accident d'Hasselt jusqu'à la destruction de tous ces ponts en juin 1940, du fait de l'invasion allemande, dix autres ponts avaient dû être mis hors service. Ils s'étaient tous rompus brusquement à basse température (fig. 1 à 6).

Les causes de la catastrophe furent alors analysées et on conclut à l'existence simultanée d'un certain nombre de conditions défavorables : « métal des pièces insuffisamment



Ossature Métallique.

FIG. 1. — Pont de Hasselt. (La flèche indique le départ de la fissure.)



Ossature Métallique.

FIG. 2. — Pont de Kaulille.

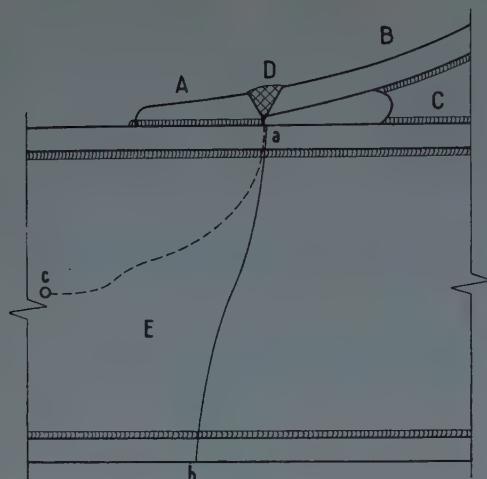


FIG. 3. — *Ossature Métallique.*

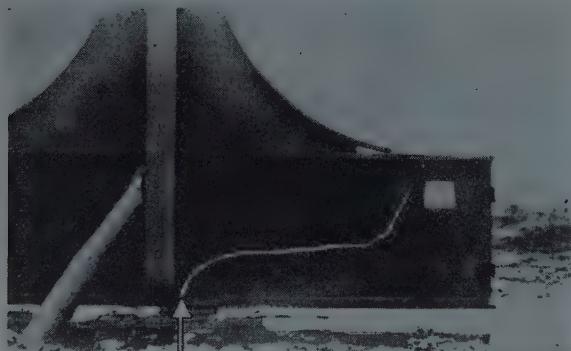


FIG. 4. — *Pont de Hasselt.* (La flèche indique le départ de la fissure.)

ductile vis-à-vis des contraintes possibles, celles-ci ayant leur valeur permanente aggravée, du fait de l'adoption d'un type de poutre particulièrement rigide (Vierendeel) et de son exécution à l'aide d'importantes soudures conduisant à de gros efforts de retrait. Les contraintes propres à l'état permanent auraient approché d'assez près les valeurs de résistance du métal, en certains points, n'y laissant aucune marge pour compenser les contraintes accidentelles dues au climat et à la circulation. »

Il y a, à mon avis, une certaine part de vérité dans cet exposé et nous nous en souviendrons après l'analyse d'autres accidents, mais je voudrais vous raconter l'histoire de ces cinquante-deux ponts. Vous en tirerez les conclusions suivant vos tempéraments.

L'adjudication préparée par l'Administration pour ces ponts du canal Albert avait prévu une construction Vierendel rivée, ce type d'ouvrage bien connu et exécuté en Belgique ayant toujours donné satisfaction.

Une des firmes interrogées, et que je connais bien, spécialisée dans la soudure, proposa une variante en construction soudée, qui s'avéra être beaucoup plus économique. L'Administration naturellement et judicieusement intéressée par cette économie, étudia elle-même un type de pont soudé, en s'inspirant du projet présenté, sans toutefois en faire une copie exacte, et prit d'ailleurs quelques initiatives, qu'elle pensait heureuses dans les



FIG. 5. — *Pont de Hasselt.*

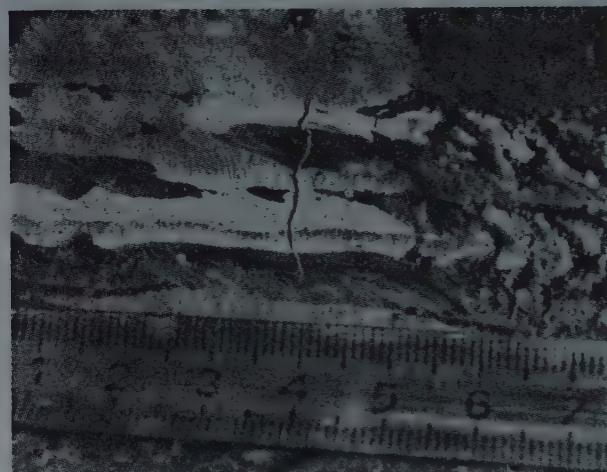


FIG. 6. — *Pont du Zoo à Berlin (fissure).*

formes constructives. L'adjudication fut reprise sur cette nouvelle étude et les ponts répartis entre une douzaine de constructeurs belges; la firme initiale obtenait un lot de dix ponts, tout en conservant la forme primitive de son projet original. L'exécution fut réalisée par toutes les firmes, avec le même métal (acier doux Thomas 42-50 — A % = 20 à 24%). Sur les cinquante-deux ponts exécutés, nous avons vu qu'une dizaine avait été mise hors service avant mai 1940. La firme initiale avait pour sa part exécuté une dizaine de ponts, sur lesquels aucun désordre n'a été observé, et qui étaient encore en service, à cette date; il y en eut donc quarante-deux exécutés suivant les plans de l'Administration, dont dix étaient hors de service à cette époque, d'où un déchet du quart. Ce qui prouve que la technique ne s'invente pas et que, dans certains cas, le métal même n'est pas seul en cause.

En Allemagne.

En 1935, le pont-rail de l'Hardenbergstrasse à Berlin (pont du Zoo) continu sur plusieurs travées d'environ 50 m de portée, construit en acier 52 à âme pleine de 3,00 m de hauteur avec semelle à téton 500 × 60,

présenta peu après sa mise en service plusieurs fissures transversales dans le joint reliant l'âme aux semelles (température — 10°) (fig. 7). Transporté en partie au Laboratoire de Berlin-Dahlem, on s'aperçut que ces fissures étaient extrêmement graves, car elles intéressaient non seulement le joint de soudure, mais également une partie de l'âme et de la semelle (fig. 8). En réalité, le joint de soudure, une partie de l'âme et de la semelle avaient dû se rompre au refroidissement, immédiatement après l'exécution de la soudure en atelier. Les analyses montrèrent qu'on avait à faire à un maté-

De plus, on fixa également pour les épaisseurs plus grandes que 30 mm la limite élastique à 34 kg/mm².

C'est avec cet acier que fut construit en 1937-1938 un pont auto-route, le pont de Rüdersdorf de 700 m de longueur.

C'est un pont continu à quatre poutres de 2,80 m de hauteur, d'environ 60 m de portée avec *dalle supérieure en béton armé*. L'âme a 15 mm d'épaisseur, les semelles à téton 660 × 40 et 500 × 66 ($I = 0,22$ m). Les âmes étaient raidies verticalement par des plats soudés aux semelles hautes et basses par des cordons transversaux (fig. 9 et 10).

A. Trou de 19 mm.

B. Surface d'arrachement.

Electroschweißung.

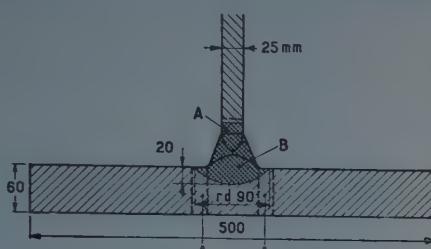


FIG. 7. — Pont du Zoo à Berlin (coupe sur la fissure).



FIG. 8. — Pont-route avec platelage en béton armé.

riau dont les caractéristiques mécaniques étaient vraiment excellentes. L'analyse chimique, conformément aux normes en vigueur, donna :

$$\begin{array}{llll} C = 0,25 \% & M_n = 1,20 \% & P = 0,029 \% & S = 0,023 \% \\ P + S = 0,052 & S_i = 0,80 \% & C_r = 0,02 \% & C_u = 0,50 \% \end{array}$$

En pratiquant des essais de dureté sur le métal de base à l'état de livraison et sur le métal ayant subi un traitement de vieillissement (800° et refroidissement brusque à 28°) on mesura la résistance à la rupture qui passa de 60 à 120 kg/mm². Des essais entrepris avec l'essai Kommerel entraînèrent une modification des normes de composition chimique du métal de base qui selon cet auteur devait, pour le nouvel acier 52, correspondre à une composition :

$$\begin{array}{llll} C < 0,20 & S_i < 0,50 & M_n < 1,2 & C_u < 0,55 \\ P < 0,06 & S < 0,06 & P + S < 0,12 & M_n < 0,30 \end{array}$$

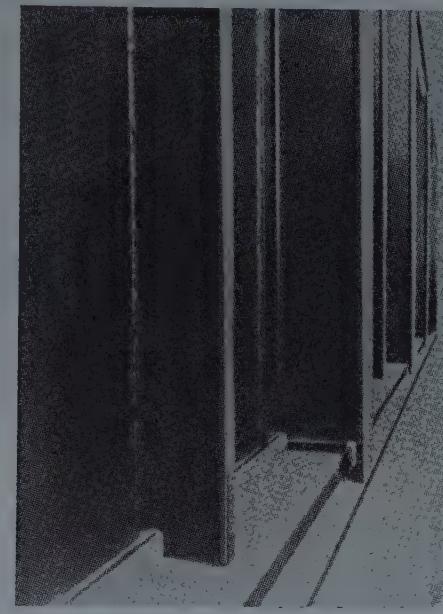


FIG. 9. — Pont de Rüdersdorf. Schéma des raidisseurs.



FIG. 10. — Pont de Rüdersdorf.
(La flèche indique le départ de la fissure.)

Dans la nuit du 2 au 3 janvier 1948, avant la mise en service du pont, il se produisit soudainement et avec un bruit caractéristique une rupture de l'âme sans déformation dans une des poutres principales. Deux heures plus tard, dans une poutre principale d'une autre travée, la même rupture se produisit. Le pont, qui avait été soumis à un contrôle radiographique complet, ne présentait aucun défaut ou fissuration à la sortie de l'atelier.

La température avait baissé brusquement pendant la nuit au-dessous de -12° .

Le même phénomène s'est produit au Kaiserberg-brücke à Dunsbourg.

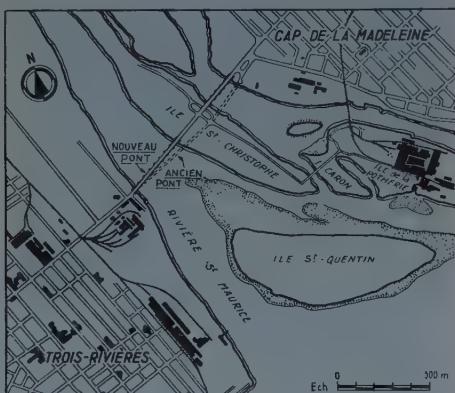


FIG. 11.

Au Canada.

Revenons plus en détail sur les ponts de Trois-Rivières près de Québec dont la situation, l'état avant et après l'accident sont définis par les figures 12 à 27.



FIG. 12.



FIG. 13.



FIG. 14.



PONT DE TROIS-RIVIÈRES

FIG. 11. — Plan de situation.

FIG. 12. — Vue perspective.

FIG. 13. — Pont est, côté est vu d'aval.

FIG. 14. — Pont ouest, côté ouest vu d'aval.

FIG. 15. — Poutre principale et encorbellement d'un trottoir, cassure lors du premier accident.



FIG. 16.



FIG. 17.

PONT DE TROIS-RIVIÈRES

FIG. 16. — Poutre principale et encorbellement d'un trottoir, cassure lors du premier accident vue par dessous. (La flèche indique le départ de la fissure.)

FIG. 17. — Vue depuis la rive ouest et en aval de la demi-travée après l'accident.

FIG. 18. — Vue d'aval des travées 0-1, 1-2.

FIG. 19. — Vue d'aval de la travée 0-1.



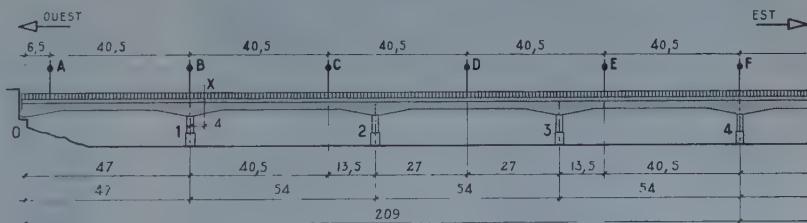
FIG. 18.



FIG. 19.

Pont AVANT LA CHUTE (fig. 12 à 14).

X. Joint réparé par rivetage (fig. 25).



Pont APRÈS LA CHUTE (fig. 17).

FIG. 20. — Pont de Trois-Rivières. — Position des lampadaires avant et après la rupture; ils montrent le mécanisme de translation du pont immédiatement après rupture du joint réparé X et de la chute de la travée 3-4 après rupture du point Y.

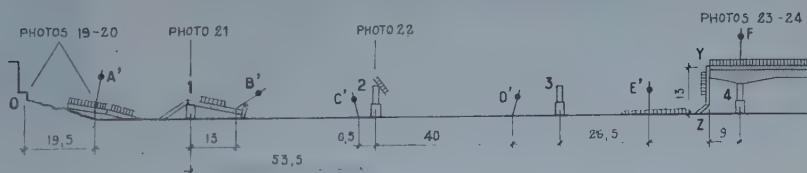




FIG. 21. — Vue d'aval des travées 0-1, 1-2; on remarque le mouvement B-B' du lampadaire B aval qui lui, n'a pu se déplacer des 13,00 m observés par suite de l'enchevêtrement des pièces rompues du côté aval.



FIG. 22. — Vue d'aval de la pile n° 2 (appui mobile) : on remarquera que la base du lampadaire C est restée en C' sur la pile n° 2 après sa translation de 13 m environ.



FIG. 23. — Vue d'aval de la pile n° 4 (appui fixe) : lors de la cassure de l'équilibre a provoqué instantanément la rupture en Y à 9,00 m de cette pile. La chute de la partie YZ de la longueur de 13,00 m environ provoqua alors un raccourcissement horizontal de la même valeur sur la longueur de la demi-travée d'où la translation, consécutive à la partie mobile du pont sur 13,00 m environ.



FIG. 24. — Vue d'amont de la pile n° 4 (appui fixe); on remarque les débris de l'automobile tombée dans la rivière à la suite de la chute du tablier.



FIG. 25. — Point de rupture X dans la travée 1-2 dans le voisinage immédiat du joint réparé (fig. 16) par rivetage.



FIG. 26. — Poutre rompue amenée sur la berge.



FIG. 27. — Rupture fragile d'une poutre transversale en acier St 52 partant du cordon de soudure. (Les trous et les boulons n'existaient pas lorsque la fente s'est produite.) La flèche indique le départ de la fissure.

Analyse des ruptures.

Il est donc certain que tous ces accidents se présentaient sous la forme de ruptures fragiles, sans déformation et sous des contraintes bien inférieures à celles calculées par les procédés classiques.

Afin d'étudier ces ruptures fragiles, il convient d'employer un langage bien clair.

L'AFNOR vient justement dans ses dernières séances de la sous-commission de terminologie, de définir la notion de contrainte qui doit remplacer les expressions, travail, taux de travail, taux de fatigue et tension qui impliquent des équivoques évidentes. On nomme donc « contrainte relative à une facette donnée, la valeur unitaire $\Delta f/\Delta S$ de la force intérieure qui s'exerce sur cette facette. Elle a les dimensions d'une pression ».

Si le corps considéré n'est soumis à aucune force extérieure, en négligeant la pression atmosphérique, son poids et les réactions des supports, l'ensemble des forces intérieures, telles que Δf , constitue un *système nul* quelle que soit la surface S . Les contraintes sont alors nommées *contraintes propres*. Elles sont dues généralement à des inégalités d'allongement ou d'accourcissement d'origine thermique, mécanique ou chimique. Si elles sont nulles en tous points, le corps est dit *neutre*. Dans le cas contraire, le corps est *non neutre*. Dans le cas où le corps considéré est à la fois non neutre et sollicité, les contraintes pourront être considérées comme la résultante des *contraintes propres* et des *contraintes de charge*. Les contraintes de charge sont celles qui apparaissent sous l'action des sollicitations, dans le même corps supposé neutre. Ce sont ces contraintes de charge que l'on calcule généralement pour étudier la sécurité d'un ouvrage (*contraintes propres = contraintes résiduelles*).

Revenons maintenant aux *ruptures fragiles* observées qui peuvent se manifester de quatre façons différentes.

TYPE I. — Ce sont celles qui apparaissent plus ou moins tôt après la réalisation de la soudure dans l'ouvrage soumis d'une façon continue à des *contraintes propres* et des *contraintes de charge*, même si ces dernières sont encore très en dessous des contraintes calculées.

TYPE II. — Ce sont celles que l'on peut provoquer au laboratoire sur des éprouvettes soumises extérieurement à une sollicitation variable assez courte ou à variation brusque ou à variation percussive. La résistance à la rupture de l'acier, bien que cette rupture se soit produite sans déformation et sans striction, n'y est pas très supérieure à la résistance ordinaire à la rupture. C'est le cas d'éprouvettes d'essai où on a, par exemple, déposé sur la surface un cordon de soudure ou encore sur laquelle on a pratiqué une petite entaille et qu'on soumet au pliage. Dans les deux cas, il suffit d'un angle de flexion très faible pour rompre l'éprouvette et obtenir une rupture fragile.

TYPE III. — Ce sont celles qui apparaissent directement pendant le refroidissement après l'exécution de la soudure.

TYPE IV. — Ce sont celles que l'on obtient dans les essais où les éprouvettes sont soumises à des sollicitations périodiques ou à des sollicitations constantes, à déformation croissante dans le temps (fluage à 500°).

On voit que le premier et le quatrième types de ruptures fragiles sont soumis à l'influence du temps. Nous ne nous occuperons pas ici des ruptures fragiles du quatrième type qui n'ont que peu d'intérêt en construction métallique.

Il y a en tous cas deux grandes différences entre les ruptures fragiles du type I, qui se produisent dans les ouvrages mêmes, et celles du type II obtenues au laboratoire.

1^o Elles apparaissent à des instants bien différents, après l'exécution de la soudure.

2^o Sous des contraintes de charges plus basses que celles calculées.

Le type de rupture I, en opposition avec le type de rupture II obtenu en laboratoire, apparaît donc soumis à l'influence du temps.

Dans la conférence qu'il a donnée aux *Journées internationales de la Soudure* tenues à Bruxelles le 9 juin 1948, M. M. R. WECK a donné une explication extrêmement pertinente de la production des ruptures fragiles, en démontrant l'action dominante des *contraintes propres* dans les phénomènes de fissuration des pièces soudées.

Quelle est donc l'origine des *contraintes propres* (contraintes résiduelles) ?

Je citerai ici le texte même de M. WECK.

« En général les corps simplement connexes doivent être à l'état neutre s'il n'y a pas de forces extérieures. Les *contraintes propres* ne peuvent apparaître que si un système initial de déformations a été introduit qui ne satisfait pas aux conditions de compatibilité. » M. WECK en fournit la démonstration mathématique, au moyen des six équations de compatibilité, de la représentation de Cezaro et la théorie de Volterra sur l'équilibre des corps élastiques multiconnexes.

Il suppose, dans le cas du soudage, que les composantes de dilatation sont d'origine thermique et que la distribution de température n'est pas linéaire.

Il conclut alors : « De cette analyse on peut déduire que l'apparition des *contraintes propres* et par conséquent la fissuration d'une construction soudée pendant ou après la soudure est un phénomène provoqué par l'incompatibilité des déformations thermiques, quand la plasticité du matériau est limitée, c'est-à-dire, quand les déformations nécessaires ne peuvent être réalisées dans le matériau. Ce phénomène doit être complètement séparé de l'effet de ces *contraintes propres*, c'est-à-dire, de tout état de contrainte stationnaire à température uniforme. »

« Alors que le phénomène de fissuration est essentiellement un problème de manque de plasticité du métal déposé ou du métal de base ou des deux, l'effet des contraintes propres n'est pas une question de plasticité à haute température, mais à température ambiante. La présence de contraintes propres indique que de grandes déformations purement plastiques se sont produites à des températures élevées et ambiantes. Dans la recherche de l'effet des contraintes propres sur la sécurité de la construction, ce sont des propriétés plastiques de caractère complètement différent et des températures plus basses que la normale, qui sont en cause. Le fait de ne pas avoir distingué les deux effets a causé jusqu'ici beaucoup de confusion. »

L'existence des contraintes propres dans un ouvrage est donc bien la condition indispensable pour la production de ruptures fragiles. On sait d'ailleurs qu'en préchauffant, on empêche cette rupture fragile, car on diminue ainsi la sévérité du gradient de température et on réduit ainsi le degré d'incompatibilité des déformations initiales, la température de distribution pendant la partie dangereuse du refroidissement étant plus uniforme.

D'autre part, du fait que les contraintes propres ne peuvent plus augmenter après le refroidissement de l'assemblage, une rupture fragile est inconcevable, malgré le vieillissement, et malgré d'autres circonstances concourantes qui viendraient hâter cette rupture.

En réalité, une éprouvette exécutée avec un matériau de mauvaise qualité, sensible au vieillissement et sur laquelle on a déposé dans les plus mauvaises conditions un cordon de soudure superficiel, ne s'est jamais rompu sous une forme fragile à l'état neutre, sous l'effet des contraintes propres qui s'y sont créées. Ce n'est qu'en lui imposant une charge qu'elle peut atteindre la résistance à la rupture même.

Pour avoir une rupture fragile du type I, il faut la soumettre à un essai de longue durée et tracer une sorte de ligne de Wöhler, en faisant intervenir le froid comme paramètre.

Sous l'action constante des contraintes propres avec un acier à vieillissement progressif, ou bien l'éprouvette se rompra plus ou moins tard ou bien elle restera en équilibre quand on la soumettra à l'action supplémentaire des contraintes de charge. Ces remarques concordent bien avec les phénomènes observés dans les ouvrages.

On peut expliquer ces ruptures sans déformation de deux façons différentes :

Soit en se basant sur la théorie élastique classique de l'augmentation avec le temps de la dilatation volumétrique sollicitant la résistance à la séparation.

Soit en se basant sur la théorie de Smekal qui admet l'existence de microfissures presque invisibles au microscope, dans le métal. Elles se trouvent après soudage sous l'action des contraintes propres. Or, en dessous de la zone du joint, ces contraintes se présentent sous la forme d'un faisceau de contraintes triaxiales dont chacune d'elles est fonction du degré de compatibilité dû aux conditions de bridage de la pièce (fig. 28, 29, 30).

Ce champ de contraintes triaxiales augmentera alors ces fissures dont les extrémités sont extrêmement aiguës, d'où des points de contraintes élevées.

Les fissures augmentant provoqueront une dilatation du corps; les contraintes propres diminueront donc et il pourra se produire alors un champ de contraintes stationnaires, d'autant plus stable que le matériau est plus capable de résister à la fissuration par sa plasticité dans les zones non encore fissurées.



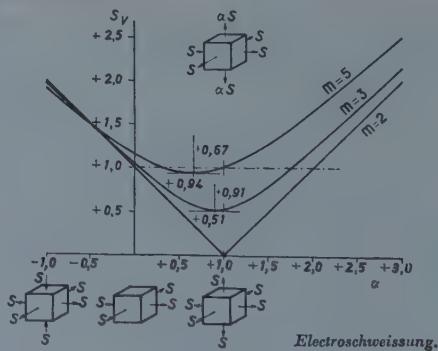
Welding Journal.

FIG. 28. — Microfissure dans le métal de soudage E 6010 recristallisé à 898°C. Polissage mécanique, attaque au nitral, grossissement 250.



Welding Journal.

FIG. 29. — Microfissure caractéristique dans le métal de soudage E 6010. Polissage électrolytique, attaque au nitral, grossissement 250.



Electroschweißung.

FIG. 30. — Contraintes de comparaison d'après la théorie de Sandel [$m = 1/l$ (inverse du coefficient de Poisson) S_y = contrainte de comparaison, S = contrainte normale].

Si on soumet alors le corps à une contrainte de charge supérieure à la contrainte maximum calculée, cet état stationnaire peut encore subsister, mais la fissure qui produit la contrainte d'entaille maximum peut alors se propager suivant une loi exponentielle de réaction en chaîne. La moindre action extérieure provoquera alors la rupture fragile (par exemple la contrainte due à la température dans les systèmes hyperstatiques).

Le vieillissement de l'acier empêche d'ailleurs la possibilité de plastification de ce dernier qui limite, on l'a vu, le danger de fissuration; il croît d'ailleurs avec le temps et on soupçonne, sans l'avoir encore complètement vérifié, que ce vieillissement croît beaucoup sous l'action constante des tractions triaxiales.

Cette hypothèse paraît donc à mon avis une partie essentielle de la théorie physique de la rupture. Cette théorie s'applique naturellement dans le cas où les zones de soudures contiennent de grossiers défauts (comme inclusion solide ou gazeuse, ségrégation, etc.).

Valeur des contraintes propres et leur action.

La plupart des essais faits à ce jour par de nombreux laboratoires, soit au moyen de mesures par destruction partielle, soit par des mesures directes extrêmement délicates des déformations, mécaniquement ou par jauge électriques, soit par des mesures de diffraction de rayons X sur des pièces prélevées sur des ouvrages détruits ou des éprouvettes de laboratoire ont montré que la valeur de ces contraintes peut atteindre celle de la limite élastique du matériau.

Dans le cas où le bridage est complet dans les trois directions (cas de pièces épaisses) le champ de contrainte devient un champ de traction complet (hydrostatique) (fig. 31) et la théorie de l'allongement résultant de Sandel, qui n'est qu'une extension de celle de Saint-Venant, montre que la résistance à la rupture fragile devient le double de la résistance à la rupture vraie du même matériau soumis à un essai de traction uniaxial. (La contrainte de rupture vraie étant le rapport de la charge de rupture à la section instantanée.)

Pour un acier dont la limite de rupture classique est de 40 kg/mm² la rupture vraie étant de 10 à 20 % supé-

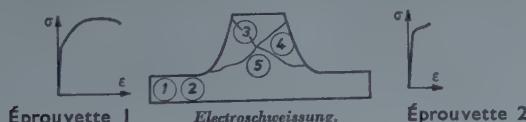


FIG. 31. — Éprouvettes tirées de la poutre du Zoo au point correspondant aux figures 6 et 7.

Éprouvette N°	1	2	3	4	5
Fließgrenze σ_s ... kg/mm ² (limite d'écoulement)....	35,50	36,30	47,40	45,50	
Bruchfestigkeit σ_b kg/mm ² (résistance maximum à la rupture)	58,50	60,30	59,00	49,80	62,20
Einschnürung Ψ_b % (striction)	67	61,3	28,6	21,0	64,5
Bruchdehnung δ_b % (Allong. de rupture A).%	22	22	13	7	19
Gleichmaßdehnung δ_g % (Allong. corresp. à la résis- tance max.)	15,7	15,7	8,2	4,7	12,7
σ_R kg/mm ²	110,00	108,20	78,40	61,20	112,00
$\sigma_R = \sigma_B (1 \times \delta_g) [2 - (1 + \delta_g) (1 - \Psi_b)]$					

rieure sera donc de 50 kg/mm² et sous l'action des contraintes propres triaxiales complètes, la résistance à la rupture sans striction peut atteindre environ $2 \times 50 = 100$ kg/mm² car $m = \frac{10}{3} \approx 0,91$ $h = 0,51$ $n_R = \frac{50}{0,50} = 100$ kg/mm² (fig. 31).

Coefficient de forme.

Nous avons montré que les entailles existent sous une forme extrêmement aiguë en-dessous des cordons de soudure. Dans une pièce tendue à l'état élastique comportant un trou circulaire, on sait, soit par l'optique, soit par le calcul, que le coefficient de forme provoque en régime purement élastique, une contrainte au bord du trou de 2,7 fois supérieure à la contrainte nominale; nous serons donc bien en dessous de la vérité en adoptant pour les entailles aiguës un coefficient de 3.

Valeurs des contraintes.

Ces indications nous permettent maintenant d'évaluer les valeurs des contraintes réelles existant dans les constructions soudées.

1^o M. KLÖPPEL a fait des mesures de déformation sur l'acier 52 des pièces rompues du pont du Zoo. Les essais classiques de traction sur cet acier avaient donné une valeur d'environ 50 kg/mm² pour la rupture, ce qui correspond à une limite de rupture vraie d'environ 60 kg/mm². L'épaisseur de ces semelles étant de 70 mm donc d'une raideur de flexion très grande, la possibilité d'une déformation plastique au droit du joint était très faible dans toutes les directions. La zone de soudure était donc soumise, du fait de l'établissement des contraintes propres, à un état de contrainte triaxiale complet (hydrostatique). La résistance à la rupture de cette portion du joint pouvait donc atteindre $2 \times 60 = 120$ kg/mm² (fig. 32).

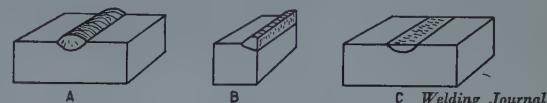


FIG. 32. — Orientation des fissures et relation entre leur fréquence et le plan de coupe.

- A. — Environ 5 fissures par section;
- B. — Environ 75 fissures par 25 mm de longueur;
- C. — Environ 600 fissures par 25 mm de longueur.

Électrode E 6010 en cordon sur tôle, trempée dans l'eau à 21°C immédiatement après achèvement du soudage.

Par des mesures destructives sur des éprouvettes tirées de la pièce, M. KLÖPPEL a pu évaluer à environ 38 kg/mm² la valeur des contraintes propres pour une limite élastique mesurée à environ 45 kg/mm².

Il restait donc $120 - 38 = 82$ kg/mm² pour couvrir les contraintes propres mesurées, la différence entre ces contraintes mesurées sur la pièce et celles existantes dans le pont lui-même et en outre les actions d'entaille créant des pointes de contrainte (coefficient 3) et les contraintes locales. On ne s'étonnera donc pas qu'à l'exécution en atelier et ensuite après montage les joints soudés se soient fissurés.

2^o Pour les ponts du Rüdersdorf et du Kayserberg construits avec un acier 52, d'une composition chimique différente, ils avaient été soumis à un contrôle radiographique sévère à l'atelier et après montage et on peut assurer qu'il n'y avait pas de fissurations. Pourtant la rupture fragile s'est produite avant la mise en service et par une température de -12° .

Il s'est certainement produit un refroidissement inégal de la dalle en béton armé placée sur la semelle supérieure tendue au droit des appuis et de la poutre en acier.

Cette inégalité a provoqué dans l'acier des contraintes supplémentaires directes et indirectes, du fait de l'hyperstatique du système porteur.

L'emploi de semelles de 70 mm, comme dans le pont du Zoo, avait donc également entraîné la création de contraintes propres, dont nous connaissons l'effet désastreux. Sous son poids propre et sous l'effet de ces contraintes, l'ouvrage se trouvait, comme nous l'avons expliqué, dans un état stationnaire précaire qui fut détruit par les nouvelles charges dues à l'action de la température.

3^e Pont de Trois-Rivières à Québec.

Nous avons signalé, pour cet ouvrage, que vingt-sept mois après sa mise en service, un premier accident était survenu en février 1950, à basse température, aussi bien dans le pont ouest que dans le pont est, révélant d'ailleurs des fissurations apparues à l'exécution de l'ouvrage en ateliers. Après réparation très grossière de ces désordres, un deuxième accident était survenu en janvier 1951 par un froid de — 35°.

Lors du premier accident, du fait que l'acier avait une composition chimique tout à fait anormale et que l'épaisseur des semelles était de l'ordre de 60 à 70 mm, les contraintes propres produites lors de la soudure se trouvaient, comme pour le pont du Zoo, en triaxialité complète et avant montage les fissurations correspondantes avaient échappé aux contrôles. Pourtant, après le montage et pendant vingt-sept mois le pont ne subit aucun dommage. Il se trouvait donc dans un état stationnaire même sous les surcharges. On peut penser toutefois, que l'acier de mauvaise qualité ait pu subir l'action du vieillissement dans le temps accéléré par l'état triaxial complet des contraintes propres.

L'état stationnaire qui dura vingt-sept mois subsista jusqu'à ce que l'action du froid sur l'acier même et sur l'état des contraintes supplémentaires dues à l'inégalité entre la température de la dalle et celle de la poutre en acier intervint, ce qui amena la rupture de l'équilibre et l'apparition des fissures.

Après réparation des joints tendus au moyen de semelles rivées, le *deuxième accident* se produisit pour un brusque abaissement de la température à — 35°.

Si on exclut ensuite la création de nouvelles fissures, le pont lors de sa réparation ayant été examiné certainement d'une façon minutieuse, le même processus s'est certainement produit avec accentuation du vieillissement et influence, sur le matériau et sur la stabilité, d'un froid encore plus intense.

Grâce à l'amabilité de mon ami M. SCART qui a pu rapporter de sa visite à Québec des documents dont vous avez pu apprécier déjà l'importance, il m'a été possible de calculer les contraintes qui ont amené la rupture de l'ouvrage dans les conditions décrites et les hypothèses faites précédemment.

Au voisinage des appuis là où les ruptures fragiles se sont produites, il est facile de déterminer la contrainte sous poids propre. Elle est d'ailleurs indiquée dans les documents américains soit 10 kg/mm², la contrainte maximum sous surcharge prescrite n'atteignant que 14 kg/mm². Bien qu'il s'agisse en réalité d'une poutre mixte acier-béton, des barrettes transversales empêchaient le mouvement de la dalle par rapport à la poutre; les calculs avaient été conduits sans tenir compte du système mixte, car malgré l'emploi d'un béton expansif, les efforts de retraits et la traction due au poids propre

de la dalle ne permettaient pas de tenir compte du béton, dans le calcul de l'inertie de la poutre au voisinage des appuis.

Au moment où la température atteignit brusquement pendant la nuit — 35°, il est certain qu'une différence de température s'est produite entre la dalle et la poutre en acier, du fait des inerties calorifiques, différentes du béton et de l'acier.

En adoptant le coefficient $\frac{E_A}{E_B} = 6$ et une différence de — 1° entre la dalle et la poutre en acier, on trouve dans la dalle, du fait de la différence entre les allongements de celle-ci et du raccorciissement de l'acier, une compression de 16 t par poutre. Cette compression de 16 t par degré, est équilibrée par une traction de même valeur agissant sur la section de la poutre acier et au moment de 16 t × 1,93 = 31 tm créant une flexion supplémentaire dans cette même poutre.

Dans la semelle supérieure tendue, il se produisait donc une contrainte de traction d'environ 0,31 kg/mm² par degré, à laquelle il faut également ajouter l'effet de la température sur le système hyperstatique lui-même, soit une contrainte supplémentaire de 0,24 kg/mm² par degré. Au total (0,31 + 0,24) = 0,55 kg/mm² par degré.

Nous avons également vu que les contraintes propres atteignent la limite d'élasticité du métal, que nous admettons de 24 kg/mm², à l'état de livraison, l'acier étant de l'Ac. S. 60.A.S.T.M., dont la limite de rupture est d'environ 45 kg/mm².

Du fait de la présence des contraintes propres triaxiales, cet acier présentait donc une résistance à la rupture réelle de 45 × 1,2 × 2 = environ 110 à 120 kg/mm². Nous admettrons, d'autre part, un coefficient de forme correspondant à 3.

On a donc (10,0 + 24 + Δt × 0,55) 3 = 120 kg/mm² sous le poids mort, la différence de température Δt, l'action d'entaille (coefficient 3) et les contraintes propres.

On a donc l'équation (10 + 24 + Δt × 0,55) 3 = 120 kg/mm² d'où on tire pour Δt la valeur — 12°, différence minimum de température entre la dalle et la poutre en acier, pour que l'équilibre stationnaire soit rompu. Or nous avons noté que la température extérieure avait atteint — 35° pendant la nuit.

Résumons maintenant les différentes causes d'apparition des ruptures fragiles dans les ouvrages soudés que nous venons d'examiner.

1^o La plus importante est certainement la création inévitable de contraintes propres, si bien analysée par M. R. WECK. Ces contraintes se produisent au cours du soudage de l'acier et sont d'autant plus dangereuses si elles se présentent sous la forme d'un champ de traction complète (traction hydrostatique).

2^o L'emploi des aciers de mauvaise qualité qui n'ont qu'une faible possibilité de plastification, ou d'électrodes dont l'enrobage apporte pendant leur fusion des éléments chimiques provoquant des microfissures (électrodes cellulaires) (fig. 33-34).

3^o La sensibilité au vieillissement du métal de base.

4^o La sensibilité à l'entaille du métal aux basses températures.

5^o La conception même de l'ouvrage et l'évaluation complète des contraintes de charge, en particulier celles existant à basses températures.

Je m'étendrai plus longuement sur la création des contraintes propres.

Nous avons vu que toutes les ruptures fragiles observées avaient leur origine dans la zone du joint soudé,



FIG. 33. — Microfissures caractéristiques dans une soudure exécutée avec électrode 6010. Polissage électrolytique sans attaque, grossissement 75.

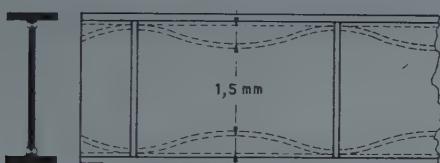
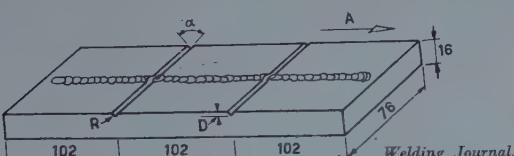


FIG. 34. — Déformations correspondant aux mauvaises dispositions des raidisseurs (fig. 9).

reliant l'âme aux semelles, que ce soient des plats à téton ou non. Ces semelles tendues toujours épaisses de l'ordre de 70 mm ont une grande rigidité. Si le bridage est complet dans les trois directions, la possibilité de plastification du corps est très faible. Mais si on diminue l'épaisseur des semelles la rigidité diminue comme le cube de l'épaisseur et la plastification devient possible; la déformation due au retrait se produira beaucoup plus facilement. Les contraintes propres ne se présenteront plus sous la forme d'un champ de traction complète, devenant même, dans le sens longitudinal, une traction simple si le métal de base est de bonne qualité. J'estime qu'avec des semelles inférieures de 30 mm d'épaisseur, le danger de fissuration est certainement très limité.

Mais cette précaution n'est pas encore suffisante, si cette déformation est empêchée d'une manière ou d'une autre (fig. 35). Si par exemple on dispose des raidisseurs



A. Sens du laminage;
D. Profondeur d'encoche 2 mm; α Angle d'encoche 45°;
R. Rayon à la racine 0,25 mm.

FIG. 35. — Éprouvette Leigh. Pliage lent sur encoche avec soudure.

d'âme entre les deux semelles d'une poutre et que l'on soude ce raidisseur sur la semelle tendue, avant l'exécution des cordons d'angle, la semelle ne pourra évidemment plus se déformer sous l'action du retrait et le danger de fissuration du cordon de soudure apparaît au droit du raidisseur.

1. La règle, très générale d'ailleurs, est donc, dans l'exécution d'une construction soudée, de laisser se produire toutes les déformations le plus librement possible et de ne jamais déposer des cordons de soudure inutiles sur des pièces tendues, ou les réduire au minimum, le cas échéant (soudure d'about des semelles tendues croisement des soudures).

2-3. Malgré les précautions prises on ne peut vraiment pas savoir si en certains points ne se produiront pas des contraintes locales dangereuses; le métal employé devra donc être sain, homogène et plastifiable au maximum à la température ambiante et doit être peu sensible au vieillissement.

4. Pour les ouvrages soumis à de basses températures, il faudra en outre que le métal soit peu sensible à l'entaille à basse température.

On retrouve bien les deux critères de soudabilité de l'acier :

Pour 2-3-4 : soudabilité métallurgique;
Pour 1 : soudabilité constructive.

La soudabilité opératoire ne présente que peu d'intérêt en construction métallique.

On a proposé une grande quantité d'essais pour déterminer la soudabilité métallurgique. Je ne les citerai pas ni n'en ferai la critique. Les essais de vieillissement d'un acier sont bien connus et concluants.

Pour les ouvrages soudés, soumis à basse température, il semble nécessaire que les Cahiers des charges prescrivent la température minimum, et pour cela les règlements devraient contenir une carte climatérique de températures minima observées, comme elles existent déjà dans les règlements du M. R. U. pour la neige et le vent.

Il est, d'autre part, évident que pour des ouvrages soudés qui ne sont soumis qu'à des compressions et à de faibles efforts de traction, ces précautions sont inutiles, tout en évitant, à l'atelier ou au montage, la formation de fissures.

Un autre moyen, comme l'a préconisé M. GERBEAUX, consiste à employer dans les parties tendues d'un ouvrage soudé, des aciers de qualité supérieure permettant l'emploi de semelles plus épaisses, avec les précautions indiquées, tout en conservant, pour les parties comprimées ou faiblement sollicitées en traction, un acier ordinaire de bonne qualité.

J'en arrive au terme de cette conférence, mais je voudrais auparavant attirer l'attention sur les essais de soudabilité américains (Kinzel et de l'Université Mac Leigh de Michigan).

Dans ces essais, on mesure la température de transition de divers aciers, au moyen d'éprouvettes entaillées transversalement, et des mêmes éprouvettes sur lesquelles on a déposé un cordon de soudure longitudinal (voir bibliographie). Ce sont donc des essais à température variable (118° C à 73° C) qui tiennent compte en particulier de l'influence du froid.

Une première constatation a pu être faite, c'est que la température de transition déterminée sur éprouvette sans soudure augmente pour l'éprouvette soudée. La différence est de l'ordre de 35°.

En analysant, en 1950, les essais de Kinzel sur les documents originaux, j'ai pu constater qu'il pouvait exister une relation entre la striction à température ambiante et la valeur de la température de transition, l'éparpillement des points obtenus, en portant en ordonnées les strictions et en abscisse les températures de transition, étant assez bien distribuées. Connaissant donc la valeur de la striction à l'ambiance du métal de base correspondant à une température de transition donnée, il m'a paru possible de déterminer la striction nécessaire correspondante de l'éprouvette soudée, par translation, suivant l'axe des abscisses, des points d'éparpillement de la quantité indiquée de 35°.

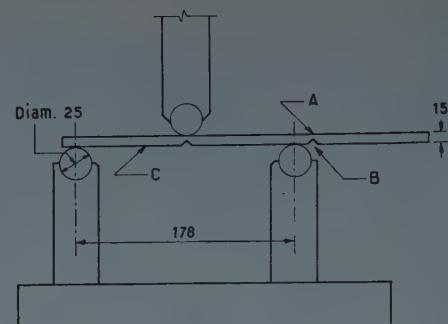
D'ailleurs M. WECK dans sa conférence de Bruxelles avait indiqué que « la soudure impose au matériau de se déformer à toutes températures très localement, plutôt qu'uniformément sur une grande longueur. La propriété de la plastification est certainement mieux mesurée par la contraction dans la zone où s'est produite la striction, que par l'allongement en pourcentage ».

Il démontre que pour des aciers ayant le même allongement, mais dont la striction est pour l'un de 40 % et pour l'autre de 60 %; l'allongement maximum pour le premier sera de 66 % alors que pour le second il sera de 150 %, c'est-à-dire plus du double.

Les dépouilements faits à l'Université de Mac Leigh à Michigan, sur des aciers américains, ont confirmé ce point de vue (fig. 36-37).

Mais les essais faits par l'I. R. S. I. D., sur les métaux français, n'ont, hélas, à ce jour, pas encore confirmé ces résultats.

Il est certain que si un jour on obtient un résultat



Welding Journal.

- A. Dimension de l'éprouvette 305 × 76 × 16 mm. Entailles à 101 mm d'intervalle;
- B. Entaille IZOD. Profondeur 2 mm. Angle 45°. Rayon à la racine 0,25 mm;
- C. Brut de laminage.

FIG. 36. — Essai Leigh de pliage lent sur entaille.

concret dans ce sens, une simple mesure de striction sur une éprouvette classique cylindrique sollicitée à la traction simple, pourra remplacer les autres essais compliqués de soudabilité métallurgique, les diamètres avant et après striction étant déterminés par simple projection optique. La réception de ces aciers en forges, ainsi que leur contrôle à l'atelier du constructeur en serait bien facilités.

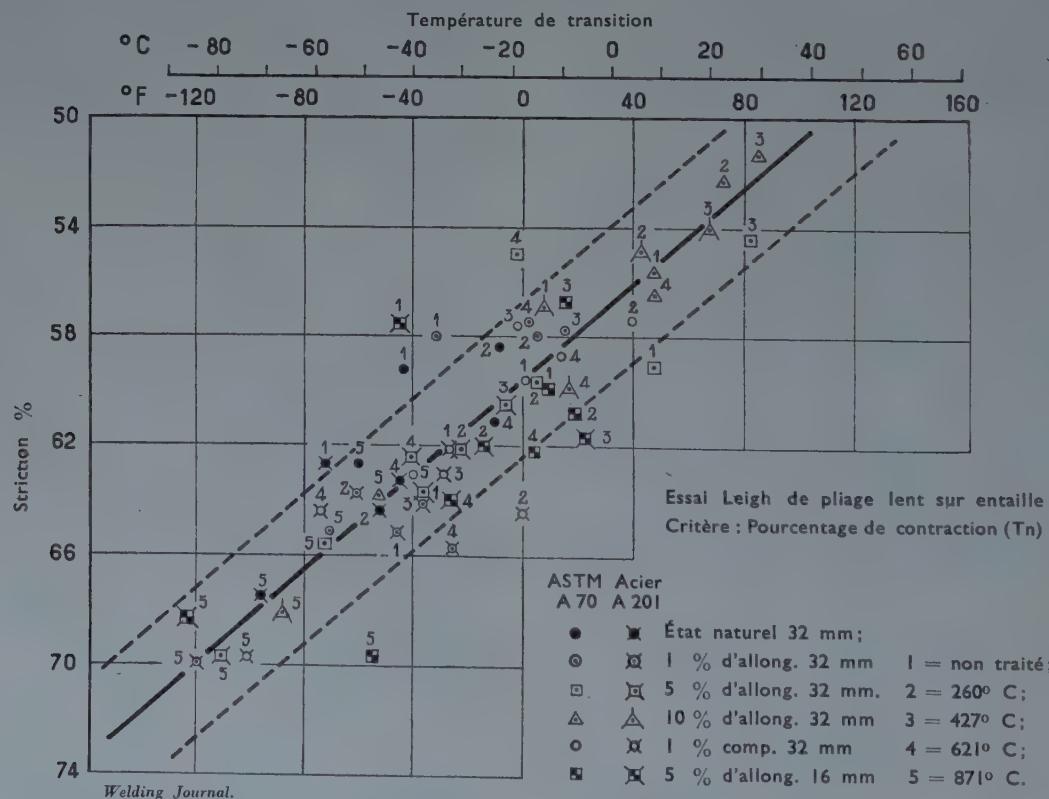


FIG. 37. — Acier A 70 et A 201 après diverses déformations plastiques et traitement thermique.
Relation entre la striction et la température de transition.

Conclusions.

Nous nous trouvons maintenant en mesure, je le crois, de répondre à la question posée au début de cette conférence. Peut-on appliquer, dans les constructions soudées, la conception nouvelle de la sécurité basée sur la limite d'élasticité ?

Si on tient compte complètement des précautions indiquées, qui devront s'ériger en règles d'exécution, et elles le sont en grande partie dans le règlement actuellement en préparation, je n'hésite pas à répondre par oui.

BIBLIOGRAPHIE

DESJARDINS (O.), *The Engineering Journal*, n° 1/32 (janvier 1949).

MERRIT (F.), *Engineering News-Record*, du 8 février 1951.

ARMSTRONG (D. B.), *Highway Research*, n° 6-21 (juin 1951).

DISCUSSION

LE PRÉSIDENT. — Ainsi qu'il est d'usage, je donnerai maintenant la parole à ceux d'entre vous qui auraient des questions ou des observations à présenter à M. DUNOYER.

M. CAQUOT. — Vous n'avez sans doute pas manqué de remarquer dans l'exposé si intéressant de M. DUNOYER que les accidents étudiés se sont produits en Amérique, en Belgique et en Allemagne et non en France. Il y a quelques jours nous apprenions par les journaux que dans une tempête trois cargots américains s'étaient rompus. Des incidents se sont produits sur les Liberty dans les premiers voyages. Si les mêmes faits n'ont pas été constatés sur les constructions françaises, cela tient évidemment à une cause systématique. Il y a longtemps que nous savons qu'il ne faut pas employer de matériaux fragiles. Les contraintes du domaine élastique correspondent dans ces aciers à des allongements de 1,2 millième au maximum, et le travail de rupture est faible, mais au delà de ce domaine les aciers bien élaborés peuvent prendre des déformations plastiques susceptibles d'absorber une très grande énergie. Grâce à cette considération nous avons pu remédier à des incidents graves et je vais citer deux cas.

En 1918, les fabrications de moteurs d'aviation que nous construisions par milliers, étaient stoppées par rupture des visebrequins. Nous avons reconnu que la résilience des aciers était insuffisante. En la mesurant et en éliminant les aciers fragiles, les essais ont été satisfaisants. Dans de tels matériaux deux caractéristiques fixent l'utilisation. D'une part, l'écartement des branches de la courbe intrinsèque et, d'autre part, la distance au pôle, c'est-à-dire la résistance à la traction complète. Dans un acier doux tel que celui que vous utilisez d'habitude dans les constructions métalliques la résistance à la traction complète est de l'ordre de dix à vingt fois la résistance de traction simple. Cette résistance propre est ainsi de 800 kg/mm². La résistance à la traction complète diminue lorsque la résistance à la traction simple augmente en durcissant les aciers par le carbone ou par tout autre élément. La résilience permet une évaluation de la résistance à la traction complète, dont la grandeur s'oppose à la fragilité.

Le deuxième accident typique s'est passé au pont de Blainville. Les aciers étaient livrés d'après le Cahier des charges des Ponts et Chaussées qui ne donne encore qu'une seule mesure équivalant

à la détermination de l'écartement des branches de la courbe intrinsèque. La distance au pôle n'est pas fixée. Or, en laissant tomber les barres du pont de Blainville d'une hauteur de 80 cm elles se cassaient; on refait les essais du Cahier des charges, ils restent satisfaisants, la résilience non exigée était insuffisante. Nous avons évité cet écueil aujourd'hui et de tels accidents ne se produisent plus. L'essai réglementaire de la barrette entaillée suffit pour assurer la grandeur nécessaire du domaine plastique. Depuis trente-quatre ans les aciéristes français mesurent la résilience de leurs aciers et leurs tôles permettent la construction soudée. Ainsi cette qualité de plasticité permet d'absorber comme le disait M. DUNOYER les déformations locales dues aux variations brusques de formes ou aux contraintes internes. Si vous observez une poutrelle ordinaire telle qu'elle sort du laminoir conservée dans l'air humide, vous voyez de magnifiques lignes de Piobert qui montrent que la limite élastique est dépassée par les contraintes internes. Cela n'empêche pas cette poutre de remarquablement se plastifier. Donc, avant tout, ne pas employer de matériaux fragiles.

Le matériau le plus résistant que nous connaissons est le verre, puisque nous fabriquons des fils ayant plus de dix fois la résistance de l'acier, mais nous ne pouvons pas l'utiliser en construction, le verre ne se plastifiant pas reste fragile. Nous avons été sur le point de résoudre ce problème en 1940 par une construction d'hélice d'avion. La plasticité était obtenue à l'aide d'un enrobage en résines synthétiques.

Lorsque vous travaillez un matériau fragile, vous déterminez généralement des fissures intérieures, les microfissures que vous nous avez montrées qui accélèrent la rupture. Actuellement un progrès considérable est obtenu dans les matériaux qui sont fissurés par leur constitution même : les fontes. La fonte a une résistance à la traction assez faible, une résilience relativement faible, parce qu'elle est normalement fissurée par les inclusions de graphite, mais si vous donnez à ces inclusions la forme sphéroïdale vous obtenez une fonte qui a presque la qualité de l'acier. Actuellement on fabrique d'une façon régulière des pièces de fonte de cette qualité.

Dans ces questions de fragilité, la métallurgie française a donc montré sa particulière maîtrise.

Je voudrais indiquer un petit fait local dans les incidents signalés : l'absence de rouleaux de dilatation ou leur mobilité insuffisante. Un abaissement de température détermine alors une très forte augmentation de la contrainte de traction, la plus dangereuse quand les rouleaux de dilatation ne sont pas réalisés correctement.

LE PRÉSIDENT. — Avant de conclure, je me permettrai de présenter une observation personnelle en ce qui concerne les contraintes propres. En réalité toutes les pièces laminées refroidies à l'air libre en contiennent et ces contraintes sont d'autant plus fortes que les pièces sont plus épaisses et qu'elles sont plus dissymétriques dans leur profil. Lors des études entreprises par la Commission mixte des Rails des Grands Réseaux de Chemins de fer, on a mis en évidence, dans les champignons de rails 46 kg standard, des contraintes propres de 20 à 25 kg/mm². De telles contraintes permanentes rendent particulièrement nocives les efforts alternés, même lorsque ceux-ci ne sont pas de très forte amplitude.

La Commission dont je viens de parler se composait de peu de membres et ses travaux ont réussi à dégager des enseignements très intéressants.

En ce qui concerne le problème de la construction soudée, je vois bien qu'on s'en préoccupe de divers côtés, chacun d'ailleurs portant son attention sur les seuls éléments de la question qui rentrent plus normalement dans ses attributions. C'est ainsi qu'au dernier Congrès de l'*Association Internationale des Ponts et Charpentes* à Liège, l'étude de la question a conduit à la conclusion que la conception et les formes de la construction soudée étaient les facteurs essentiels de sa bonne tenue en service. Conclusion qui, ainsi qu'on le voit, laisse entièrement de côté les qualités à requérir du métal de base et du métal d'apport, comme aussi le perfectionnement des méthodes de soudure.

Je me demande s'il n'y aurait pas intérêt, pour faire progresser la question, à rapprocher au sein d'une commission d'ailleurs peu nombreuse, des représentants qualifiés des techniques en cause : métallurgie, construction métallique, électrodes et matériel de soudage, et aussi des utilisateurs (routes, S. N. C. F.), ces derniers étant les mieux placés pour observer les ouvrages en service.

Appuyée sur les Chambres Syndicales correspondantes, une telle commission ne manquerait certainement pas de moyens d'entreprendre les études et les recherches expérimentales qui se révéleraient nécessaires. Elle paraît devoir apporter une contribution précieuse au progrès de la question.

Nous pourrions peut-être, comme conclusion de la présente conférence, émettre un vœu en faveur de la constitution d'une telle commission et demander à la *Société des Ingénieurs Soudeurs* de faire le nécessaire pour la réaliser.

Il me reste maintenant à remercier en votre nom M. DUNOYER de sa communication. Elle a revêtu une forme très personnelle et très vivante. Elle a mis sous nos yeux une documentation du plus haut intérêt.

Elle a comporté sans doute plus d'hypothèses que de certitudes matérielles, plus d'éléments de conviction personnelle que de démonstrations définitives. Elle ouvre ainsi la voie à de multiples investigations, dans des directions variées où chacun se laissera orienter par sa propre imagination. Et cela ne convient-il pas justement dans un domaine où rien n'est encore parfaitement élucidé ?

Je suis sûr d'interpréter les sentiments de tous en exprimant à M. DUNOYER nos vifs remerciements.

(Reproduction interdite.)

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

ÉDITÉ PAR LA DOCUMENTATION TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS, 19, RUE LA PÉROUSE, PARIS-XVI^e.

13.819-9-53. — ARRUAULT et C^{ie}, Maîtres Imprimeurs à Tours (France). Dépôt légal : 3^e trim. 1953.

(Ann. I. T. B. T. P. Le Directeur-Gérant : P. GUÉRIN.)

SUPPLÉMENT AUX
ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

SEPTEMBRE 1953

Sixième Année, N° 69.

Série : ESSAIS ET MESURES (XXVII).

QUELQUES ASPECTS DE LA RECHERCHE
SUR LES MATÉRIAUX ET LES CONSTRUCTIONS
AUX ÉTATS-UNIS (II)

LIANTS HYDRAULIQUES,
PRODUITS CÉRAMIQUES, VERRE, PEINTURE, MATÉRIAUX DIVERS

Par **M. J. BROCARD**,

Ingénieur-Docteur, Chef de service aux Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics.

SOMMAIRE

	Pages.
I. Ciment. Béton	792
A. L'industrie des ciments aux États-Unis	792
B. La recherche sur le ciment.....	792
C. Recherches sur l'utilisation des ciments et sur le béton.	795
II. Plâtre	804
III. Verre.....	805
IV. Produits de terre cuite	806
V. Peintures. Bitumes. Matériaux divers.	807
A. Peintures	807
B. Matériaux divers	808

LABORATOIRES DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

I. — CIMENT. BÉTON

A. — L'INDUSTRIE DES CIMENTS AUX ÉTATS-UNIS

Des conceptions et surtout des conditions locales de fabrication des ciments, très différentes des nôtres, ont eu pour conséquence la naissance aux États-Unis d'une école spéciale ne correspondant pas aux idées européennes, particulièrement aux idées françaises.

En France, la composition chimique d'une grande partie des laitiers fournis par l'industrie métallurgique, ainsi que leur faculté à garder la trempe, ont donné naissance à une gamme étendue de produits hydrauliques : les ciments métallurgiques, qui rendent de grands services pour des catégories importantes de constructions :

— Les ouvrages en milieux agressifs (eaux séléniteuses, eaux de mer, sols gypseux, pollués, etc.).

— Les ouvrages en grosse masse, les barrages par exemple, grâce à des chaleurs d'hydratation modérées, etc.

Aux États-Unis, au contraire, la composition des laitiers, fonction de celles des minéraux, est rarement favorable à la cimenterie, c'est pourquoi les Américains ne fabriquent que du ciment Portland artificiel dont ils modifient la composition chimique suivant les usages auxquels ils le destinent; ils ont été amenés ainsi à définir cinq types de Portland :

- I. — Usage général;
- II. — Chaleur d'hydratation modérée et résistance moyenne aux sulfates;
- III. — Hautes résistances initiales;
- IV. — Faible chaleur d'hydratation;
- V. — Haute résistance aux sulfates.

La mise au point de fabrications de ce genre nécessitait une connaissance approfondie de la composition et des propriétés des principaux constituants des clinkers de ciment Portland. C'est pourquoi, depuis les études fondamentales de LE CHATELIER, les travaux les plus importants sur ce sujet ont été effectués aux États-Unis.

B. — LA RECHERCHE SUR LE CIMENT

Depuis le début du siècle avec RANKIN et WRIGHT, puis avec BOGUE, LERCH, WELLS, INSLEY, etc., les corps constituant les clinkers : silicates et alumates de chaux, composés du fer, etc., tous découverts lors des remarquables études de LE CHATELIER à la fin du siècle précédent, ont été étudiés quant à leur caractérisation, leur formation, leurs équilibres respectifs, leurs pro-

RÉSUMÉ

Pour répondre aux différentes conditions d'utilisation du chantier, les Américains n'emploient pratiquement que du ciment portland artificiel; ils sont donc obligés d'en faire varier la composition chimique et cela les a conduits à étudier de très près les propriétés techniques des différents constituants des clinkers.

Les recherches physico-chimiques sur l'utilisation des ciments et des bétons sont très diverses. Elles permettent de suivre les phénomènes d'hydratation, de caractériser dans certains cas les différents constituants des ciments durcis et de contrôler les expansions dues aux réactions entre ciments et agrégats.

Les Américains utilisent dans le béton certains produits d'addition dont les principaux sont les entraîneurs d'air et ont étudié les effets de l'adjonction de certains polymères vinyliques. Les produits ralentisseurs d'évaporation (curing compounds) sont très utilisés, et les matériaux pouzzolaniques, en particulier les cendres volantes de centrales thermiques, commencent à l'être surtout pour les travaux en grosse masse.

Par l'emploi d'isotopes radioactifs il est possible de faire sur le chantier des mesures immédiates de densité et de teneur en eau des sols ou des bétons.

Les plâtres américains diffèrent très sensiblement des plâtres français. Ils sont souvent plastifiés à la chaux grasse et mélangés à du sable pour constituer des mortiers ou à des fibres, de bois ou autres, pour réaliser des enduits isolants insonores, ignifuges, etc.

Le verre est très utilisé sous toutes ses formes dans la construction.

Les produits de terre cuite ne sont pas aux États-Unis des matériaux de base. Les briques sont tout de même très utilisées mais la plupart du temps sous forme de parement.

Les peintures sont uniquement préparées en usines. Pour les intérieurs, de nouvelles peintures émulsionnées au latex synthétique paraissent avoir un gros avenir. Dans l'industrie et généralement dans tous les milieux agressifs on utilise des peintures de très bonne qualité à base de résines synthétiques.

SUMMARY

To cope with different field conditions of use, the Americans employ for all practical purposes only portland cement. Thus, they are compelled to vary its chemical composition and this has led them to investigate closely the technical properties of the different constituents of clinker.

The physico-chemical research on the use of cements and concretes is highly diverse. It makes possible to follow the hydration phenomena, to characterize in certain cases the different constituents of hardened cements and to control the expansion caused by cement-aggregate reaction.

The Americans use in concrete certain admixtures, the main ones of which are the air-entraining agents, and have investigated the effects of adding certain vinyl polymers. The curing compounds are widely used and pozzolanic materials, particularly fly ash from the thermic power stations, are beginning to be used for mass work.

By using radioactive isotopes it is possible to make immediate measurements in the field of the specific gravity and the water content of soils or concretes.

American plasters differ very markedly from French plasters. They are often plasticized with rich lime and mixed with sand to make mortars or mixed with wood and other fibers to make insulating soundproof and fireproof coatings, etc.

Glass in all its forms is much used in construction.

The ceramics are not basic materials in the United States. All the same, bricks are much used, but most of the time as facing.

The paints are entirely factory-prepared. As indoors paints, the new latex emulsion paints seem to have a great future. In industry and in all aggressive conditions, generally, very good quality synthetic resin paints are used.

priétés scientifiques et techniques, telles que : prise, durcissement, chaleur d'hydratation, etc. (fig. 1).

Cette masse considérable de travaux a abouti à une connaissance suffisante du clinker pour envisager avec beaucoup de sécurité la fabrication des classes de ciment Portland répondant aux qualités indiquées plus haut. Après un très gros effort d'une quinzaine d'années, ce résultat était obtenu peu avant la deuxième guerre mondiale.

A l'heure actuelle, cette catégorie de travaux de laboratoire porte sur des constituants secondaires des clinkers comme les

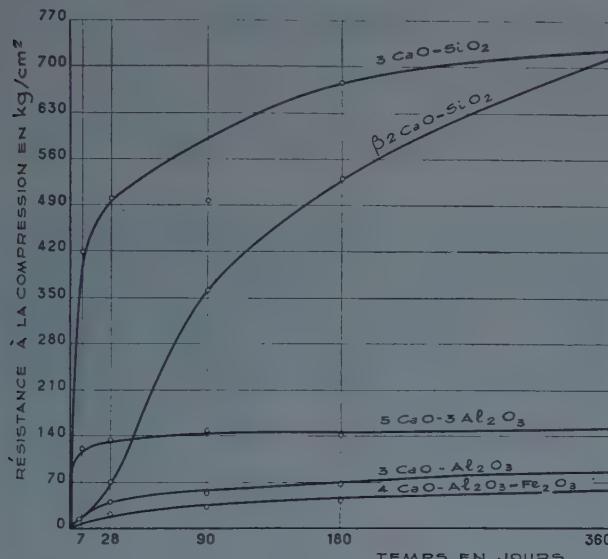


FIG. 1. — Résistance mécanique des principaux constituants des clinkers de ciment Portland.

composés contenant des alcalis, soude et potasse dont l'expérience pratique a prouvé dans le temps que, bien qu'ils n'existent qu'en très faible proportion dans le ciment, ils pouvaient amener des désordres considérables dans les constructions. Il s'agit des réactions entre les éléments alcalins du ciment et certaines variétés de silice des agrégats que les Américains appellent « alkali-aggregate-reaction » dont nous parlerons plus complètement quand il sera question des recherches sur l'utilisation des ciments.

Les accidents dus à cette réaction ayant été considérables, surtout sur des barrages, les études de laboratoires et la littérature technique américaine sont très abondantes sur ce sujet.

On peut citer au même titre les études un peu plus anciennes sur la stabilité de volume des ciments et sur les facteurs qui la conditionnent, en particulier la chaux libre et la magnésie surcuite.

Là encore c'est l'expérience pratique, en l'occurrence les observations effectuées pendant une vingtaine d'années par une compagnie de chemin de fer, qui a conduit les Américains à étudier au laboratoire ce problème technique important. Ces recherches ont abouti à la mise au point d'un essai de réception à l'autoclave très sévère, éliminant les ciments présentant des symptômes d'instabilité même faibles.

**

On voit donc que les études de laboratoire portant sur la constitution des ciments ont permis une très bonne liaison entre l'échelle microscopique à laquelle s'effectuent ces travaux et les propriétés techniques du matériau; à l'heure actuelle elles ne portent plus aux États-Unis que sur des points de détails et sur des constituants secondaires dont l'expérience pratique a révélé l'importance.

Cela ne veut pas dire cependant que la recherche sur les composés principaux des clinkers soit abandonnée aux États-Unis, mais elle prend, à l'heure actuelle, l'aspect d'une recherche très théorique de caractère aléatoire quant aux conséquences pratiques à brève échéance.

Les Américains, en particulier le laboratoire de Bogue au Bureau des Standards, ont entrepris d'effectuer l'étude structurale, au sens que les cristallographes attachent à ce terme, des constituants des ciments.

Ils semblent d'ailleurs suivis en cela par l'école anglaise avec BERNAL qui elle, a commencé ce travail sur les phases hydratées et non sur les corps anhydres.

Ces nouvelles recherches supposent des moyens d'investigations d'une très grande finesse tant pour la préparation des monocristaux que pour l'élaboration des diagrammes de rayons X.

Jusqu'à présent, la technique des rayons X était employée dans les études sur les ciments suivant la méthode des poudres de Debye et Scherrer. Sous cette forme, grâce à sa très grande simplicité, elle avait rendu d'énormes services comme technique de recouplement des méthodes chimiques et microscopiques. Aujourd'hui, dans les nouvelles études qui sont envisagées on ne se contente plus de la reconnaissance des paramètres des mailles et de l'équidistance des plans réticulaires, on veut retrouver l'emplacement des atomes dans la maille, ce qui suppose des diagrammes suivant la méthode des cristaux uniques.

Cette technique oblige, avec les ciments dont les constituants se forment à très haute température, à des préparations d'une extrême difficulté et, étant donné les dimensions des échantillons obtenus, à des manipulations et à un processus opératoire d'une finesse extraordinaire si l'on veut obtenir de bons diagrammes de rayons X.

Malgré tous ces obstacles, les premiers résultats obtenus sont encourageants.

**

En résumé, la recherche de laboratoire sur les ciments peut, à l'heure actuelle, être divisée en deux groupes :

1° La recherche classique par les méthodes chimiques et pétrographiques sur les clinkers qui porte maintenant sur des constituants secondaires, les composés alcalins par exemple, dont l'expérience pratique a démontré l'importance.

2° Une recherche très théorique sur la constitution cristallographique des principaux composés des cinkers.

Nous passerons en revue les résultats de quelques-unes de ces recherches; les résultats concernant plus particulièrement l'utilisation seront examinés dans le chapitre : « Utilisation des ciments. Bétons ».

a) Recherches sur les constituants alcalins des ciments.

On savait depuis 1938 que dans le système $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO} - \text{K}_2\text{O}$ il n'existe qu'un seul composé stable dans la région du ciment : $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O}$.

Au cours de recherches relativement récentes on a remarqué que $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O}$ réagit avec $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{CaO}$ et $\text{SiO}_2 \cdot 3\text{CaO}$ pour former un composé ternaire $12\text{SiO}_2 \cdot 23\text{CaO} \cdot \text{K}_2\text{O}$ qui constitue la phase stable contenant la potasse dans la région des ciments.

Cette découverte permet de comprendre pourquoi l'addition de potasse au mélange peut entraîner des teneurs croissantes en chaux libre dans le clinker. Ainsi on peut évaluer que 1 % de potasse se combine avec 21,9 % de $\text{S} \cdot 2\text{C}$ pour former 22,3 % de $12\text{S} \cdot 23\text{C} \cdot \text{K}$ avec libération de 0,6 % de CaO suivant l'équation :

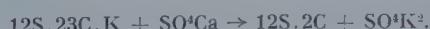


Suivant la composition du clinker une partie de cette chaux libre peut se recombiner au silicate bicalcique pour donner du silicate tricalcique.

D'autre part, quand 1 % de K_2O réagit avec $\text{S} \cdot 3\text{C}$, 29,1 % de ce dernier seront combinés avec libération de 7,7 % de CaO d'après l'équation.



Il était nécessaire d'étudier également l'effet de SO_4^2- sur le composé potassique. On a trouvé que l'introduction dans le mélange cru de SO_4^2- sous forme de SO_4^2-Ca amenait une réaction avec le $12\text{S} \cdot 23\text{C} \cdot \text{K}$ provoquant la formation de $\text{S} \cdot 2\text{C}$ et SO_4^2-K^+ suivant l'équation :



Des essais supplémentaires montrèrent que, dans les compositions de clinker, le SO_3 et le K^2O se combinent de préférence en donnant SO_4K_2 qui cristallise spontanément. Tant qu'il y aura du SO_3 disponible, la potasse se combinera avec lui et seulement l'excès de K^2O donnera $12\text{S}.23\text{C}.\text{K}$. Dans la plupart des clinkers examinés on trouve que le K^2O est en excès par rapport à son équivalent moléculaire de SO_3 , ce qui conduit à penser que la potasse est présente simultanément sous les deux formes.

En ce qui concerne la soude, on avait découvert en 1932 qu'il se formait dans le système $\text{Al}^2\text{O}_3 - \text{CaO} - \text{Na}^2\text{O}$ un composé de formule $3\text{Al}^2\text{O}_3.8\text{CaO}.\text{Na}^2\text{O}$, stable dans la région du ciment Portland.

A partir de 1946 on étudia la portion du système quaternaire $\text{SiO}_2 - \text{Al}^2\text{O}_3 - \text{CaO} - \text{Na}^2\text{O}$ englobant les composés $3\text{A}.8\text{C}.\text{N}$, $\text{A}.3\text{C}$, $\text{S}.3\text{C}$, $\text{S}.2\text{C}$.

Comme découverte importante on trouva que $3\text{A}.8\text{C}.\text{N}$ pouvait exister en équilibre stable avec $\text{A}.3\text{C}$, $\text{S}.3\text{C}$ et $\text{S}.2\text{C}$ dans la région du ciment Portland.

Il est apparu d'après des données microscopiques et radio-crystallographiques que $3\text{A}.8\text{C}.\text{N}$ et $\text{A}.3\text{C}$ pouvaient se combiner en une série de solutions solides à des températures inférieures à celle de formation du liquide. Également dans certaines conditions il est apparu que le $\text{S}.2\text{C}$ cristallisait sous la forme α plutôt que sous la forme β , et que sous cette forme il était susceptible de dissoudre une petite quantité de soude en solution solide. Mais quand le $\text{S}.2\text{C}\alpha$ se transforme en variété β , la phase soude étant moins soluble dans cette dernière variété, de la soude précipite de la solution et apparaît sous forme d'occlusions dans les cristaux de $\text{S}.2\text{C}$.

On a pu en conclure que la soude pouvait exister dans les clinkers sous une ou plusieurs des quatre formes.

1^o En composant de la phase vitreuse.

2^o En $3\text{A}.8\text{C}.\text{N}$ ou en solution solide de cette phase dans $\text{A}.3\text{C}$.

3^o En solution solide dans $\text{S}.2\text{C}\beta$.

3^o En occlusions dans $\text{S}.2\text{C}\beta$, ces occlusions se produisant à partir des anciennes solutions solides, lors de la transformation de $\text{S}.2\text{C}\alpha$.

Les quantités de soude dans la phase vitreuse dépendent de la composition et de la trempe. La cristallisation de la solution solide $3\text{A}.8\text{C}.\text{N}$ et $\text{A}.3\text{C}$ donne une explication de la matière interstitielle sombre prismatique.

L'élargissement observé de la région de la phase primaire de CaO dû à l'addition de Na^2O au système $\text{SiO}_2 - \text{Al}^2\text{O}_3 - \text{CaO}$ explique pourquoi la cuisson devient de plus en plus difficile à mesure que la teneur en soude augmente dans le mélange.

Parmi ailleurs, les méthodes de dosages des alcalis étant longues et délicates par les voies chimiques normales, les Américains ont mis au point une méthode de spectrophotométrie de flamme très intéressante qui permet des déterminations quasi-immédiates.

b) Structure de l'aluminate tricalcique.

Un exemple de la deuxième catégorie de recherches effectuées sur le clinker est fourni par l'étude récente effectuée au National Bureau of Standards par ORDWAY sur la structure de l'aluminate tricalcique.

Des études effectuées par la méthode des poudres avaient permis d'avoir quelques idées sur la structure du composé $\text{A}.3\text{C}$, mais elles étaient nettement insuffisantes.

ORDWAY a mis au point une méthode extrêmement élégante de préparation de cristaux uniques et a obtenu de très beaux diagrammes de Laue qui lui ont permis d'approcher de très près la véritable structure de $\text{A}.3\text{C}$.

La méthode consiste à faire grossir un cristal à partir d'une goutte de composé fondu sur la soudure d'un thermocouple platine, platine rhodié servant en même temps de résistance chauffante (fig. 2).

On obtient ainsi les cristaux uniques de 0,3 à 0,5 mm.

De très beaux diagrammes (fig. 3) ont permis le calcul de la structure. La maille cubique possède un paramètre $a = 15,22 \text{ \AA}$ ce qui correspond à une arête de 7,61 \AA pour le cube représenté sur la figure 4.

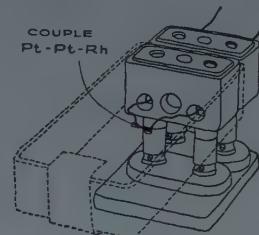


FIG. 2. — Appareil utilisé au National Bureau of Standards pour la préparation de monocristaux.



FIG. 3. — Diagramme de diffraction de rayons X sur un monocristal d'aluminate tricalcique.

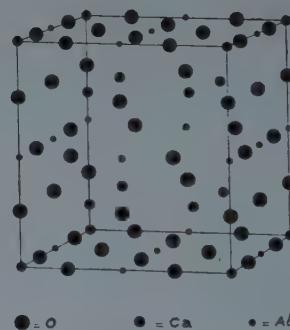


FIG. 4. — Configuration atomique de $\text{A}.3\text{C}$.

Les atomes sont réunis en différentes chaînes dont la longueur est fonction de a . On a ainsi une chaîne en zigzag $\text{O}-\text{Ca}-\text{O}-\text{Ca}-\text{O}-$, une chaîne d'oxygène et une chaîne $\text{O}-\text{Al}-\text{O}-\text{Al}-\text{O}$ (fig. 4).

Ces recherches purement scientifiques permettant de pénétrer la structure la plus fine de la matière pourront certainement dans quelques années, quand un travail analogue sera effectué sur tous les constituants des ciments, déceler les causes profondes de phénomènes techniques qui actuellement nous échappent.

pent en grande partie, comme le retrait ou la recristallisation des ciments fondus par exemple, c'est pourquoi, tout en rendant hommage à l'effort américain il faut regretter que la France soit à l'heure actuelle très en retard sur les États-Unis et sur l'Angleterre dans ce domaine.

C. — RECHERCHES SUR L'UTILISATION DES CIMENTS ET SUR LE BÉTON

Dans le domaine des études sur l'hydratation des ciments et de leurs constituants, si précieuses pour comprendre tous les problèmes concernant la prise et le durcissement, l'Europe et la France en particulier ne paraissent pas en retard sur les États-Unis. On doit signaler cependant que pour ces études les Américains utilisent de plus en plus, concurremment avec les méthodes classiques, les techniques d'adsorption de gaz inertes, l'azote en particulier, avec des appareils du type de celui mis au point par BRUNAUER, EMMETT et TELLER pour les mesures de surface spécifique. Ils ont employé aussi dernièrement pour l'étude du ciment hydraté les techniques d'analyse thermique différentielle.

a) Recherches à l'aide des appareils du type B. E. T

La théorie de BRUNAUER, EMMETT et TELLER sur l'adsorption moléculaire permet de faire des recherches intéressantes sur la fixation de l'eau par le ciment (hydratation) et donne des idées sur la structure de la pâte de ciment durci.

La fixation d'un gaz par un solide est due aux attractions réciproques des molécules du gaz et des molécules de surface du solide. Le champ de force englobe plusieurs phénomènes différents que l'on appelle communément forces de Van der Waal's. Ces forces ne présentent pas l'intensité de celles qui interviennent dans les réactions chimiques mais elles peuvent être actives sur d'assez grandes distances.

Quand la surface d'un solide est continuellement bombardée par des molécules de gaz elle peut en conserver une certaine proportion. Pour la plupart des gaz, les molécules se trouvent à l'état condensé sur la surface du solide et peuvent être considérées comme une phase séparée. Dans ce cas les molécules en se fixant libèrent leur chaleur de vaporisation, c'est pourquoi l'adsorption d'un gaz est habituellement accompagnée d'un dégagement de chaleur. On a ensuite un autre phénomène thermique que l'on considère comme étant dû à l'énergie d'interaction entre le solide et le gaz condensé. Cette chaleur est appelée habituellement « chaleur nette d'adsorption ».

Certaines molécules adsorbées ont acquis suffisamment d'énergie cinétique pour s'échapper du champ de forces du solide, il en résulte des échanges continuels entre la surface et l'intérieur de la phase gazeuse, mais en vertu de l'action de surface la concentration à la surface est toujours la plus forte.

La théorie mathématique résulte d'abord du fait que la condensation est proportionnelle à la fréquence des chocs de molécules gazeuses sur le solide, c'est-à-dire à la pression de vapeur quand la température est constante. L'évaporation est fonction elle, de la quantité d'énergie que peuvent accumuler les molécules condensées pour s'échapper. Dans l'ex-

pression mathématique on ne considère que deux cas pour les molécules condensées :

1^o Les molécules sont condensées sur la surface du solide;

2^o Les molécules sont condensées sur une autre couche de molécule. Dans ces conditions une molécule dans le second état pourra s'échapper dès qu'elle aura acquis une énergie égale à sa chaleur de vaporisation alors qu'une molécule dans l'état 1^o devra acquérir une quantité d'énergie différente (généralement plus grande) pour s'échapper. En d'autres termes la chaleur nette d'adsorption doit être égale à zéro pour toutes les molécules qui ne sont pas dans la première couche.

La théorie veut que pour chaque tension de vapeur la quantité de phase adsorbée soit proportionnelle à la surface du solide et qu'à pression saturante il n'y ait pas de limite au nombre de couches adsorbées.

C'est à la suite d'un raisonnement de cette nature que l'on aboutit à la loi de l'adsorption en couche multimoléculaire :

$$\frac{w}{V_m} = \frac{C(p/p_s)}{(1 - p/p_s)[1 - p/p_s + C(p/p_s)]}$$

dans laquelle :

w = volume du gaz adsorbé à la pression p ;

V_m = volume de gaz nécessaire à l'obtention d'une couche monomoléculaire;

p = tension de vapeur;

p_s = tension de vapeur saturante;

$$C = ke \frac{Q_1 - Q_L}{RT}$$

k = constante voisine de 1;

Q_1 = chaleur totale d'adsorption par molécule de gaz;

Q_L = chaleur de condensation par molécule de gaz;

$Q_1 - Q_L$ = chaleur nette d'adsorption par molécule de gaz;

R = constante des gaz parfaits;

T = température absolue.

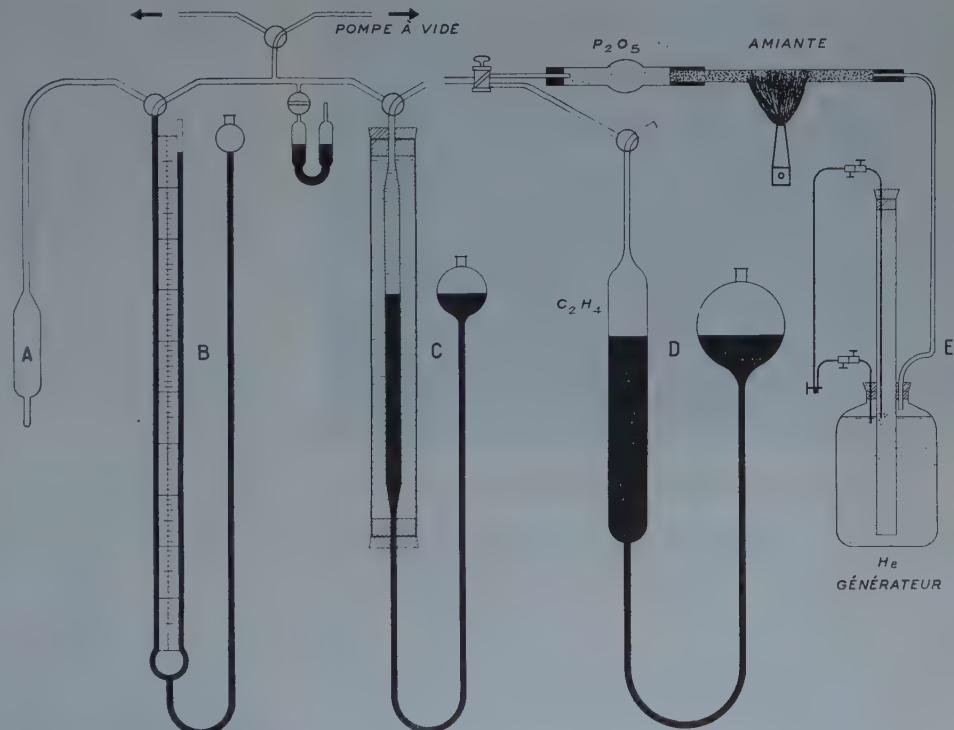


FIG. 5. — Schéma d'un type d'appareil utilisé pour les mesures d'adsorption de gaz.

Les mesures d'adsorption s'effectuent à l'aide d'appareils qui dérivent généralement de celui de Pease (fig. 5). Ils consistent en une capacité A où l'on place les corps à examiner, d'un manomètre à mercure B, d'une burette à gaz C et d'un équipage pour faire le vide (non représenté sur la figure), d'un dispositif D — E pour stocker ou préparer les gaz servant au jaugeage et à l'adsorption.

Pour faire les mesures on commence par évacuer l'air et l'humidité qui imprègne l'échantillon, pour cela on place A dans un four ($T < 200^\circ$) et on fait le vide ($P < 10^{-5}$ mm Hg).

L'espace vide autour de l'adsorbant (y compris les pores de l'adsorbant lui-même) est déterminé par un gaz qui n'est pas adsorbé (Hélium).

Pour cela A est placé dans un bain d'azote liquide et on y admet le gaz desséché sur P_2O_5 et débarrassé d'hydrogène par passage sur platine.

On connaît alors l'espace libre et la densité de l'échantillon :

$$\rho = \frac{\text{poids de l'échantillon}}{\text{volume de A} - \text{volume de l'espace vide}}$$

L'hélium est ensuite évacué par pompage et A étant maintenu dans le bain à température constante, le gaz que l'on veut adsorber (très souvent l'azote) est admis. L'équilibre est atteint pour des pressions assez faibles (10 à 100 mm Hg) en 10 mn environ.

Le volume de gaz adsorbé est déterminé d'après la température et le volume de gaz restant dans l'espace libre.

Ces méthodes donnent des renseignements précieux sur la structure des pâtes liantes de ciment. Elles ont permis par exemple de déterminer le rayon moyen des canaux de ces pâtes qui est de 10 Å environ.

Le calcul de la surface spécifique connaissant le volume de gaz adsorbé s'effectue en admettant que le groupement des molécules adsorbées se fait à l'état liquide.

Les mesures de ce genre sont actuellement très à la mode aux États-Unis où dans les recherches sur les hydrates des ciments elles accompagnent presque toujours les mesures de fixation d'eau et de déshydratation.

b) *Emploi de l'analyse thermique différentielle.*

Récemment les Américains ont eu l'idée d'employer pour l'étude des ciments les méthodes d'analyse thermique différentielle bien connues des minéralogistes et des métallurgistes.

Les recherches effectuées ont porté surtout sur les hydrates obtenus lors du durcissement des ciments sous pression de vapeur supérieure à 1 kg.

Il a été trouvé que les résistances mécaniques modestes des pâtes de ciment sans silice ou avec une proportion de silice comprise entre 8 et 12 % sont dues à la présence d'hydrate de chaux et de silicate bicalcique $S_2C_2H_x$.

En augmentant la quantité de silice ajoutée, $Ca(OH)_2$ et le silicate α réagissent pour donner un produit caractérisé par une réaction exothermique aux environs de 840 , 850° (fig. 6).

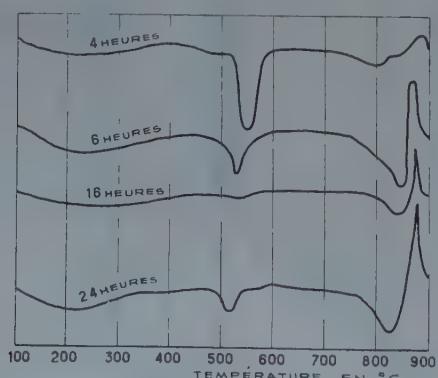


FIG. 6. — Diagramme d'analyse thermique différentielle sur des mortiers durcis à l'autoclave.

Ce produit solide a vraisemblablement une composition s'approchant de $S_1.25C$. A mesure que la proportion de cette phase augmente dans le mélange, celle du silicate α diminue et lorsque ce dernier a complètement disparu le produit $S_1.25C$ commence lui-même à réagir pour donner des constituants dont les compositions s'échelonnent en diminuant jusqu'à $S_0.9C$. La résistance mécanique a été maximum pour les produits de composition comprise entre $S_0.9C$ et $S_1.25C$.

* *

En dehors de ces recherches de caractère fondamental, les Américains ont effectué et effectuent encore des travaux d'applications plus immédiates sur les facteurs d'instabilité de volume des bétons.

On entend par instabilité de volume, toute question de retrait mis à part, les déformations (gonflements) dues aux éléments expansifs du béton qui sont le plus souvent la chaux libre et la magnésie surcuite du ciment ou les gels de silicates alcalins résultant de l'action des alcalis des ciments sur diverses formes de silice réactive contenue dans les agrégats.

Bien que les recherches américaines sur les expansifs des ciments ne soient pas à proprement parler très récentes, nous tenons à les rappeler car elles ont abouti à un essai de réception très important et très sévère, l'essai à l'autoclave, qui élimine pratiquement tout risque d'instabilité dû à l'expansion retardée.

c) *L'expansion retardée des ciments.*

De longues recherches de laboratoire ont montré quantitativement l'influence des différents facteurs d'instabilité (fig. 7 et 8) ce qui a permis d'en dégager des lois générales sur la composition des ciments. Il est recommandé, par exemple, de limiter à 10 % la teneur en aluminate tricalcique et de maintenir à moins de 1 % la proportion de chaux libre.

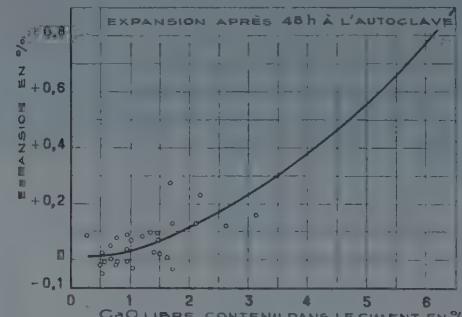


FIG. 7. — Influence de la chaux libre sur l'expansion retardée des ciments.

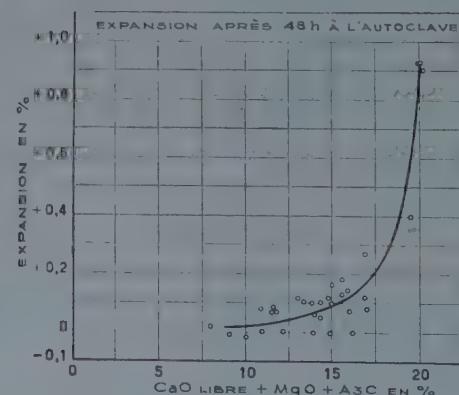


FIG. 8. — Influence sur l'expansion retardée des ciments des trois facteurs principaux : chaux libre, magnésie surcuite, aluminate tricalcique.

L'essai d'expansion à l'autoclave A. S. T. M. s'effectue sur des prismes de pâte pure durcis pendant 24 heures en atmosphère humide. Les éprouvettes ont une section de $6,45 \text{ cm}^2$ (1 pouce carré) et 25,4 cm (10 pouces de longueur).

L'autoclave (fig. 9) monte en température ($215,7^\circ \text{C}$) en une heure environ. La pression $20,7 \text{ kg/cm}^2$ (295 lb/sq in) est maintenue pendant trois heures par un régulateur automatique, après quoi le chauffage est arrêté et l'autoclave se refroidit en

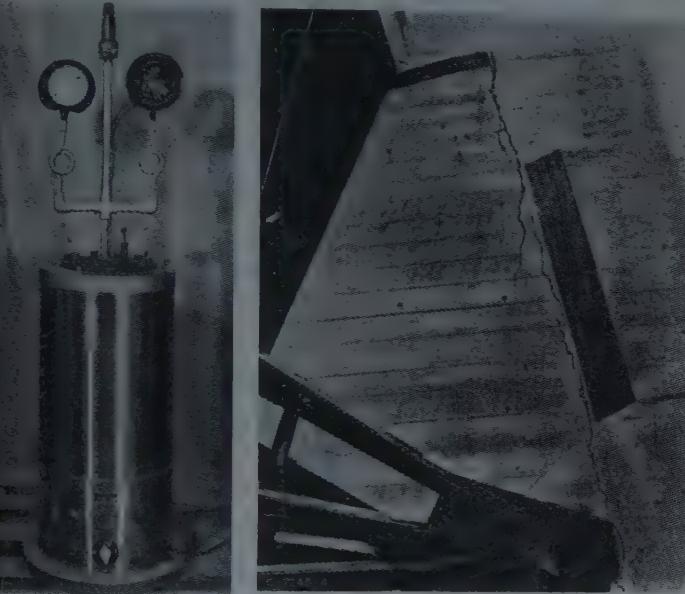


FIG. 9. — Autoclave pour l'essai de stabilité des ciments.



FIG. 10. — Fissures de barrage provoquées par la réaction entre le ciment et les agrégats.

une heure. Les éprouvettes sont ensuite mesurées au comparateur.

Les gros consommateurs de ciment aux États-Unis, en particulier les Chemins de fer et l'Administration des Travaux Publics, sont très satisfaits de cet essai qu'ils estiment très important pour la pérennité des ouvrages et qui a en plus l'avantage de permettre aux fabricants de ciments d'être moins circonspects dans l'emploi des bancs dolomitiques.

d) Les réactions entre le ciment et les agrégats.

Quand nous avons parlé des recherches sur les constituants des clinkers renfermant des alcalis nous avons fait allusion à l'importance de ce que les Américains appellent « cement aggregate reaction » ou « alkali-reaction » comme facteur d'instabilité des constructions (fig. 10).

Les recherches sur ce sujet ont commencé vers 1940 à la suite de graves désordres remarqués dans le Colorado sur trois barrages importants : Parker Dam, Gene Wash Dam et Copper Basin Dam.

Le Parker Dam avait été construit en 1938 et en 1940 il présentait déjà des fissures importantes. L'enquête montra que le ciment était riche en alcalis et que les agrégats contenaient de la silice sous forme d'opale ainsi que de l'andésite.

Les mêmes accidents se produisirent également sur les Gene Wash et Copper Basin Dams construits également en 1938 avec un ciment provenant de la même usine et contenant 1,44 % d'alcalis et des agrégats extraits du confluent des rivières Colorado et Bill Williams et contenant en particulier des gabbros altérés, des diorites et des andésites. Durant le même temps les usines de ces barrages construites avec les mêmes agrégats, mais avec un ciment ne contenant que 0,44 % d'alcalis ne présentaient, après dix ans, aucune expansion anormale.

Des accidents du même genre remarqués sur quatre autres barrages et sur de nombreux ponts (fig. 11), ainsi que les enquêtes menées pour chaque cas particulier permirent de bien poser le problème.

On a remarqué qu'à chaque fois, le ciment contenait des alcalis en proportion appréciable et que les agrégats étaient siliceux. Les ouvrages présentaient des gonflements importants avec fissures et dislocation (fig. 12), très souvent le phénomène s'accomp-



FIG. 11. — Localisation des accidents d'alcali-réaction aux États-Unis.



FIG. 12. — Gonflement et dislocation d'un parapet de pont.

pagnait d'un dépôt blanc sur le parement de l'ouvrage, dépôt gélatineux de réaction très fortement alcaline (fig. 13).

Les observations en œuvre furent alors complétées par des travaux de laboratoires très importants qui permirent d'expliquer le phénomène :

Il existe dans certains agrégats siliceux, des variétés de silice pouvant réagir facilement avec les hydroxydes de sodium et de potassium résultant de l'hydratation des ciments contenant des alcalis.

La formation des gels de silicates alcalins résultant de cette réaction et les pressions osmotiques développées par ces gels



FIG. 13. — Efflorescences sur un parement de barrage.

provoquent des tensions capables de disloquer même de très grosses masses de béton.

Les recherches et contrôles ont été effectués par des essais d'expansion sur prismes de béton, des examens pétrographiques des agrégats et des essais chimiques consistant à faire réagir une solution de soude sur un échantillon d'agrégat de granulométrie déterminée à température élevée, puis de mesurer la quantité de silice passée en solution ainsi que la réduction d'alcalinité de la solution.

Les essais d'expansion sur prisme sont très longs mais permettent seuls l'établissement des méthodes rapides. Le Bureau of Reclamation de Denver utilise pour cet essai un ciment du type II contenant au moins 1 % d'alcalis et un ciment témoin en contenant moins de 0,20 % pour déceler éventuellement les expansions ayant une autre cause que l'alcali-réaction.

La granulométrie de l'agrégat à essayer jouant un grand rôle, elle a été définie de la façon suivante : 19 % d'agrégat entre les tamis : n° 4 et 8, 8 et 16, 16 et 30, 30 et 50, 50 et 100 et 5 % passant au n° 100.

Dans le cas d'agrégats concassés on utilise des fractions de 20 % et on supprime le passant au tamis 100.

Quand on veut évaluer l'activité d'agrégats très réactifs on en remplace une certaine proportion variant de 25 à 75 % par des agrégats inoffensifs.

Les essais sont effectués sur trois prismes de $2,54 \times 2,54 \times 28,57$ cm ($1 \times 1 \times 11 \frac{1}{4}$ in) portant des plots à leurs extrémités pour les mesures de longueur.

Habituellement on gâche 450 g de ciment et 900 g d'agrégats avec 180 g d'eau ($\frac{e}{c} = 0,4$); le gâchage ainsi que la mise en place se font à la main suivant les méthodes normalisées habituelles aux essais de mortier. Les moules sont alors placés dans une enceinte humide à $21,1^\circ\text{C}$ (70°F), puis les éprouvettes sont démoulées après vingt-quatre heures et conservées dans les mêmes conditions.

Des mesures de longueur sont faites tous les deux jours à l'aide d'un comparateur et l'on trace ainsi la courbe des gonflements éventuels en fonction du temps. On note également tous les accidents se produisant sur les éprouvettes : fissures, décollages, efflorescences, exsudations, etc., et accessoirement des mesures de coefficient d'élasticité par les méthodes vibratoires sont effectuées.

Par ce moyen on a pu déterminer d'une façon précise l'influence de la teneur en alcalis du ciment (fig. 14) et étudier de nombreux agrégats réactifs (fig. 15).

Cette méthode a permis également d'en établir d'autres beaucoup plus rapides.

La première consiste à maintenir à l'abri de l'air à 80°C , un mélange d'agrégats de granulométrie définie et d'une solution

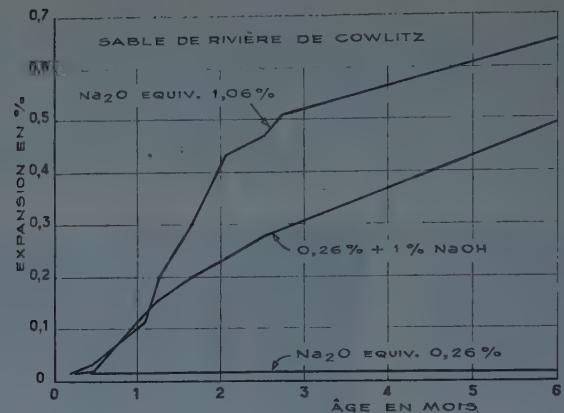


FIG. 14. — Influence de la teneur en alcalis du ciment dans la réaction « Alkali-Aggregate ».

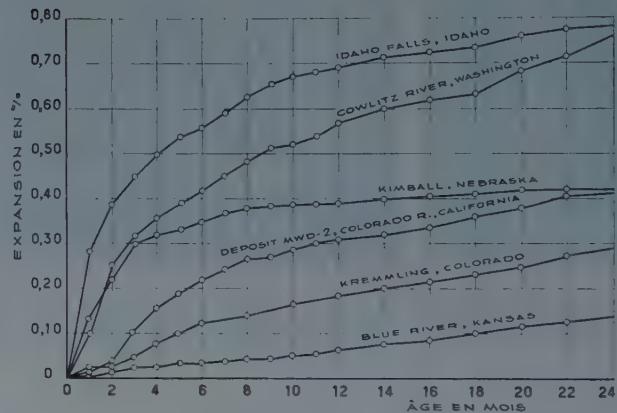


FIG. 15. — Étude directe du gonflement sur des sables américains naturels. Ciment n° 2742 à haute teneur en alcali.

de soude normale et de mesurer après 24 heures la quantité de silice passée en solution ainsi que la réduction d'alcalinité de cette solution. Les chiffres obtenus reportés sur un diagramme (fig. 16) permettent de se faire une opinion rapide sur la réactivité de l'agrégat.

Le mode opératoire est le suivant :

On prend 1 kg de chaque fraction suivante des graviers : 3,8 cm, 1,9 cm – 1,9 cm, 0,9 cm – 0,9 cm, 0,5 cm ($1 \frac{1}{2}$, $3/4$ in – $3/8$ in – $3/8$ in) et 200 g des fractions suivantes de sable fin : 0,5 cm ($3/16$) n° 8 – n° 8, n° 16 – n° 16, n° 30 – n° 30, n° 50 – n° 50, n° 100.

Chaque portion des gros agrégats est broyée de façon à s'intercaler entre les tamis 50 et 100, la poussière étant éliminée par lavage. La même opération est effectuée sur les agrégats fins.

Un échantillon de 25 g prélevé sur les produits ainsi obtenus, séché jusqu'à poids constant est introduit avec 25 cm^3 de solution de soude $\pm 0,010 \text{ N}$ dans une capacité d'acier inoxydable (fig. 17). Cette capacité est maintenue pendant 24 heures à 80°C après quoi on refroidit à 25°C 15 mn environ et on filtre rapidement. Sur le filtrat la silice est dosée par gravimétrie ou colorimétrie et la réduction d'alcalinité par titrimétrie à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique 0,05 N ; les résultats obtenus sont exprimés de la façon suivante :

$$S_c = 20 \text{ C}; \\ R_c = N = 50 v$$

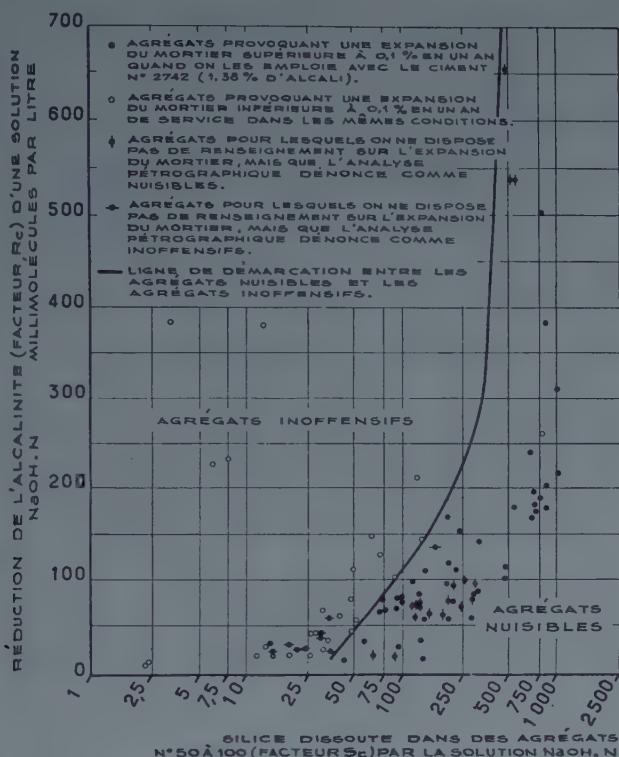


FIG. 16. — Délimitation des zones dangereuses et inoffensives par essai chimique de solubilité dans une solution de soude.

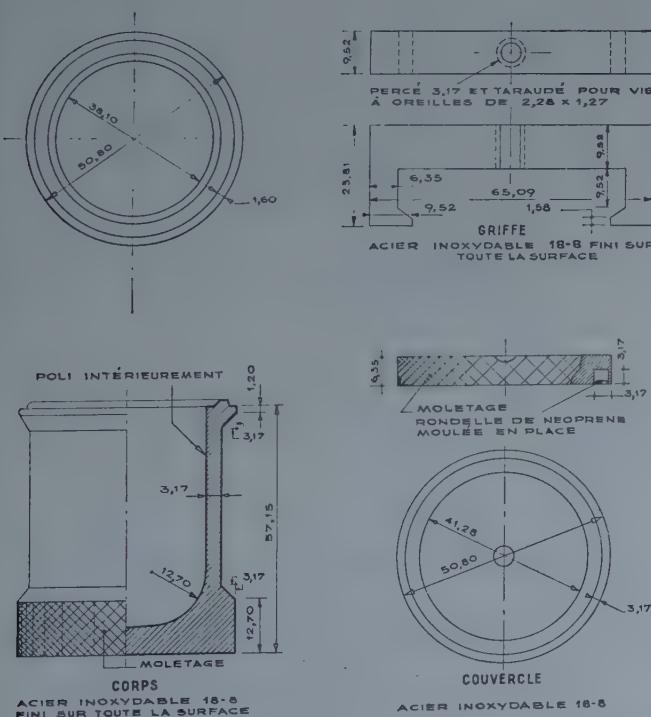


FIG. 17. — Capacité d'acier inoxydable utilisé pour l'essai de solubilité à la soude.

dans lesquelles :

$$S_0 = \text{concentration en } \text{SiO}_2 \text{ en millimolécules par litre}; \\ C = \text{concentration en silice de la solution diluée}; \\ R_g = \text{réduction d'alcalinité en millimolécules par litre}; \\ N = \text{concentration de la solution de soude utilisée}; \\ v = \text{volume en cm}^3 \text{ de HCl 0,5 N utilisé.}$$

Les chiffres ainsi obtenus sont reportés sur le diagramme de la figure 16 donnant la frontière entre les agrégats dangereux et inoffensifs.

Cette méthode bien étalonnée permet de donner en quelques jours des résultats utilisables qui ne peuvent être fournis par la méthode directe de gonflement qu'après des mois de mesures. Cependant, il existe quelquefois des exceptions où l'espèce minéralogique étudiée met la méthode en défaut parce que l'étalonnage n'a pu porter sur toutes les variétés d'agrégrats, c'est pourquoi il est recommandé de toujours la faire accompagner d'un examen pétrographique.

Une autre méthode physico-chimique actuellement étudiée donne des résultats intéressants, très rapidement; nous en parlerons brièvement car elle n'est pas encore publiée.

On utilise un récipient en verre d'un demi-litre environ, cloisonné en son milieu par de la pâte pure de ciment jouant le rôle de paroi semi-perméable (fig. 18). Le récipient est fermé par un couvercle et chaque compartiment est surmonté d'un tube de verre. Dans un des compartiments on met une solution de soude et dans l'autre la même solution et un échantillon des agrégats à étudier. Au bout de quelques jours de conservation à une température non encore fixée exactement mais supérieure à la normale, on regarde la différence des niveaux du liquide dans les deux tubes, indice de la pression osmotique engendrée par la formation du gel de silicate de soude.

S'il est confirmé que les résultats sont bien reproduisibles, cet essai simple et élégant est certainement amené à remplacer tous les autres.

Enfin les études pétrographiques qui ont accompagné toutes ces recherches ont permis de dresser une liste assez complète mais non limitative des agrégats susceptibles de réagir avec les ciments riches en alcalins.

Les espèces minéralogiques de silice réactive sont :

1° L'opale : variété de silice hydratée amorphe.

2° La calcédoine : variété de silice fibreuse ou concrétionnée, opaque, différente du quartz, au point de vue optique, par l'allongement négatif de ses fibres et par une variation périodique de la biréfringence de celles-ci, suivant leur allongement.

3° La tridymite : forme de SiO_2 appartenant au système triclinique.

4° La cristobalite : autre variété de SiO_2 de forme octaédrique.

5° La phase vitreuse de beaucoup de roches éruptives.

Les principaux minéraux contenant ces corps qui ont donné des mécomptes aux États-Unis sont :

1° Les rhyolites : roches éruptives encore appelées trachytes, quartzifères, contenant de l'opale et de la calcédoine.

2° Les andésites : dont la partie la plus réactive semble être la phase vitreuse.

3° Les diorites et gabbros.

4° La heulandite, zéolite dont la silice est relativement soluble.

5° Certaines phyllites.

Il est bien entendu que beaucoup d'autres minéraux sont capables de réagir, mais ceux qui viennent d'être cités paraissent les plus dangereux d'après le nombre considérable d'accidents qu'ils ont causés aux États-Unis.

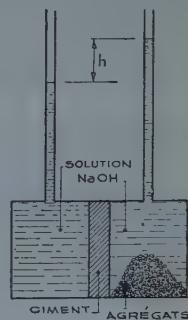


FIG. 18. — Appréciation de l'alcali-réaction par mesure de la pression osmotique.

En France, nous avons la chance d'avoir le plus souvent des ciments moins riches en alcalis que les Américains. Cela ne veut pas dire pour autant que nous soyons parfaitement à l'abri de ces phénomènes, car la teneur en alcalis des ciments n'est pas liée uniquement aux matières premières, mais aussi au combustible dont la qualité peut varier d'une livraison à l'autre. Quand on est obligé d'utiliser des agrégats éruptifs il est donc recommandé d'examiner leur réactivité possible avec le ciment. Il est probable que certains accidents qui n'ont jamais été expliqués d'une manière satisfaisante sont attribuables à ces phénomènes. C'est ainsi qu'avant les études d'alcali-réaction, les Américains n'avaient jamais compris la dislocation des maçonneries du King City bridge construit en 1919-1920 à King City en Californie, pas plus que celle du Southern Pacific Main Line bridge construit en 1914-1915 sur la rivière Santa-Clara.

Il y a donc là un facteur de grave instabilité des ouvrages dont les constructeurs européens, peut-être moins exposés que les américains, doivent tout de même tenir compte.

c) Agrégats spéciaux.

Puisqu'il est question d'agrégats il est bon de signaler que les Américains utilisent, pour les bétons légers destinés surtout aux isolements, des agrégats spéciaux : vermiculite, perlite, argile expansée.

Les vermiculites sont, comme leur nom l'indique, des minéraux à texture vermiculée contenant une proportion d'eau appréciable et dont le chauffage provoque une augmentation énorme du volume apparent.

Les perlites possèdent une texture en sphérolites susceptible d'augmenter également de volume d'une manière appréciable par un chauffage de quelques minutes à 815°C (1 500°F).

L'argile expansée est souvent un matériau composite formé d'un granule de matériau poreux, souvent un mâchefer, enrobé d'une pâte d'argile donnant une terre cuite très poreuse après une cuisson effectuée, le plus souvent, au four rotatif.

Il est bien évident que dépenser du combustible pour fabriquer des agrégats ne peut se justifier que par des conditions locales très particulières.

f) Recherches sur les produits d'addition au béton.

Dans le but d'augmenter un ensemble de qualités physiques et chimiques du béton, les Américains ont étudié des produits dont la plupart sont appelés entraîneurs d'air parce qu'ils ont la propriété d'inclure dans le béton au moment du malaxage, une infinité de petites bulles microscopiques.

La présence de ces petites bulles (10 à 80 μ de diamètre) a, selon les Américains, de multiples avantages quand elle représente environ 4 % du volume du béton.

1^o L'air entraîné remplaçant une partie du sable permet de diminuer la quantité d'eau de mouillage correspondante, tout en obttenant une maniabilité améliorée due au frottement intérieur négligeable des bulles d'air.

2^o Les microbulles forment des capacités d'expansion pour l'eau se solidifiant à l'intérieur du béton et augmentent ainsi la résistance au gel.

Cette propriété est très bien mise en évidence par des essais de laboratoires sur des prismes de béton soumis à 225 cycles de gel et dégel et dont on a suivi dans le temps :

- a) L'expansion;
- b) Le module d'élasticité (par les méthodes soniques);
- c) La perte de poids;
- d) La résistance mécanique finale.

La figure 19 rend compte de ces essais.

D'autres expériences ont montré également que la résistance superficielle du béton à l'action du chlorure de calcium destiné à faire fondre la glace superficielle, était améliorée d'une manière considérable. Ce facteur est prépondérant pour la conservation des routes en béton sous les climats relativement froids.

3^o La résistance chimique en particulier, la résistance aux sulfates est améliorée, ceci a été vérifié sur des ciments riches en aluminate tricalcique, donc très vulnérables.

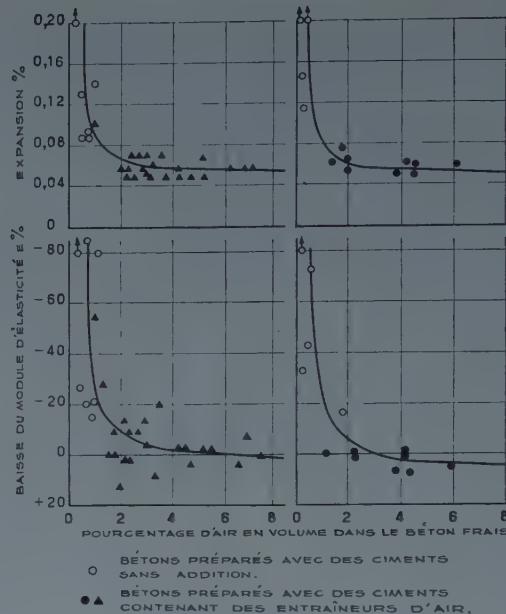


FIG. 19. — Influence de l'entrainement d'air sur la gélivité des bétons.

En regard de ces améliorations, les Américains signalent de très légères baisses de la résistance mécanique et de l'adhérence des armatures ne devant pas dépasser 3 %.

L'entrainement d'air peut être obtenu par un nombre considérable de produits entrant généralement dans les catégories suivantes :

- 1^o Résines naturelles de bois comme la Vinsol Resin;
- 2^o Graisses végétales ou animales et leurs acides gras;
- 3^o Agents mouillants : le plus souvent des sels alcalins sulfonés de dérivés organiques à longue chaîne;
- 4^o Savons solubles de résines acides ou d'acides gras;
- 5^o Des mélanges : sels alcalins sulfonés de dérivés du pétrole, peroxyde d'hydrogène, poudre d'aluminium, etc.

La technique d'emploi de ces produits consiste à les mélanger au ciment en usine ou à les ajouter dans la bétonnière au moment du mélange. Pour des raisons de sécurité d'emploi les ingénieurs américains préfèrent généralement le mélange préalable au ciment qui évite des manipulations de chantier d'autant plus délicates que la proportion d'entraineur d'air est très faible, de 0,01 à 0,05 % du poids du ciment.

Le Portland à entraînement d'air est même normalisé aux États-Unis (A. S. T. M. C 175-42 T), il doit contenir de 0,02 à 0,45 % de résine Vinsol non neutralisée. On a reconnu récemment que cette résine par suite d'une réaction de saponification pendant le malaxage pouvait entraîner d'assez fortes variations dans la quantité d'air entraîné.

L'emploi de résine Vinsol neutralisée (NVX) permettrait de supprimer cet inconvénient.

Il existe actuellement aux États-Unis un tel engouement pour cette technique que 20 % environ du ciment reçoivent en usine une addition d'aérand.

D'autres produits d'addition que les entraîneurs d'air ont été étudiés ces dernières années, notamment les caoutchoucs sous forme d'emulsion de latex naturels et synthétiques.

Ces recherches ont abouti aux produits du genre Cemtex utilisés surtout pour les sols et bien connus maintenant en France.

Dans le même ordre d'idée une étude très intéressante a été effectuée cette année sur l'influence des dérivés vinyliques sur les mortiers et bétons.

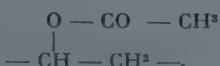
Les polymères vinyliques sont de longues chaînes dont les maillons sont constitués par le radical vinyle :



Les dérivés les plus connus fabriqués industriellement sont les chlorures, les acétates et les copolymères acétate-chlorure.

Des études préliminaires ayant montré que l'acétate possédait les propriétés les plus intéressantes, les essais complets ont porté uniquement sur ce composé. Ils se sont révélés d'un grand intérêt, la plupart des propriétés des bétons étant améliorées dans des proportions très importantes.

L'acétate de polyvinyle s'obtient en accrochant sur la chaîne des radicaux acétiques, le maillon se schématisant comme suit :



Le polymère a été utilisé sous forme d'émulsion et on a trouvé les meilleurs résultats pour des particules comprises entre 1 et 5 μ . Des études micrographiques ont montré que les particules plus fines (0,5 à 5 μ) avaient tendance à inverser les phases, la résine remplaçant le gel d'hydrates de ciment comme phase continue, alors que les particules plus grosses (5 à 10 μ) étaient trop volumineuses pour entrer dans les lacunes de la phase ciment et en boucher les micropores.

On a trouvé également que l'amélioration de l'ensemble des qualités avait lieu pour un dosage optimum de 20 % de résine par rapport au poids de ciment. Là encore, les études micrographiques ont montré que, dans ce cas, on obtenait un bouchage presque parfait des lacunes microscopiques de la structure, la phase ciment restant la phase continue. Avec 10 % les vides microscopiques ne sont pas bouchés complètement et avec 30 % il y a changement de phase, la phase résine devenant partiellement continue, ce qui perturbe complètement les propriétés du béton.

Employée au dosage optimum de 20 % par rapport au poids de ciment, légèrement plastifiée par du phthalate de butyle, l'éulsion d'acétate de polyvinyle communique aux mortiers les qualités suivantes :

1° Les résistances à la traction (fig. 20) pour des conservations en atmosphère humide et sèche sont multipliées respectivement par 3 et 4 et 8 et 10.

L'amélioration de la résistance à la traction s'explique par la diminution et même la suppression des microlacunes de structure de la pâte liante, surtout aux interfaces avec les agrégats. Le peu d'influence des atmosphères sèches est dû à l'hydrophilie des particules d'acétate dont le pouvoir d'attraction sur les molécules d'eau est très grand.

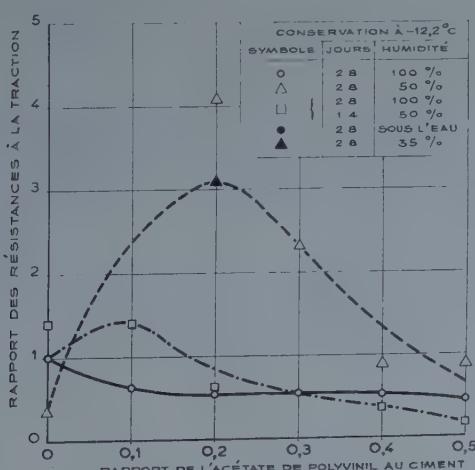


FIG. 20. — Influence des additions d'acétate de polyvinyle sur la résistance à la traction des bétons.

2° L'allongement de rupture à la traction pour des éprouvettes conservées en atmosphère sèche est vingt fois plus grand que celui des mortiers sans ajout, conservés dans des atmosphères sèches ou humides. Ceci est dû à l'augmentation considérable de plasticité de la pâte liante qui entraîne une baisse sensible du module d'élasticité.

3° La résistance à la compression de mortiers conservés dans une atmosphère à 50 % d'humidité ne représente que 70 % de la résistance des mortiers ordinaires conservés en chambre humide mais est 3,3 fois plus élevée que celle des mêmes mortiers conservés à 50 %.

4° Les forces d'adhérence sur l'acier sont multipliées par 1,5 pour des éprouvettes conservées en atmosphère sèche, l'adhérence du béton sur lui-même étant multipliée par 10.

5° L'addition de polymère vinylique permet d'obtenir à $\frac{e}{c}$ égal des mortiers beaucoup plus maniables.

6° La résistance au choc est augmentée de 20 %.

7° Le bouchage des micropores a pour effet d'augmenter également les résistances :

A l'abrasion;

Au gel;

Aux agents chimiques.

8° L'augmentation du retrait consécutif à l'addition d'acétate de polyvinyle n'a pas de conséquence au point de vue de la fissuration par suite de l'accroissement considérable de la résistance à la traction et surtout de la baisse du module d'élasticité; on remarque au contraire que les mortiers plastifiés sont beaucoup moins fissurables.

L'intérêt de ces additions paraît donc considérable, cependant les études de laboratoire demandent à être poursuivies et complétées, il serait en particulier important de trouver des produits moins chers que les polyvinyles.

g) Études sur les pouzzolanes.

Durant ces dernières années les Américains se sont beaucoup intéressés aux pouzzolanes.

On sait que les pouzzolanes bien que n'ayant pas par elles-mêmes des propriétés hydrauliques sont susceptibles de réagir en présence d'humidité, avec la chaux pour former des hydrates ayant des propriétés agglomérantes. Cette faculté est liée à la présence en forte proportion de silice réactive. Parmi les pouzzolanes naturelles, les roches volcaniques à teneur élevée en phase vitreuse sont particulièrement intéressantes.

Il existe aussi des pouzzolanes artificielles dont les plus importantes étudiées par les Américains semblent être les « cendres volantes » de centrale thermique.

Alors que les diatomites qu'ils ont également étudiées ne peuvent s'ajouter au ciment que dans la proportion maximum de 6 %, il est possible d'utiliser pratiquement des Portland comportant 50 % de cendres volantes.

Ces cendres légères sont constituées par des petites sphères vitreuses dont la teneur en silice varie de 30 à 45 %; elles proviennent de foyers à charbon pulvérisé où on les capte à l'aide de précipitateurs électriques.

Au cours d'une étude complète effectuée sur ces corps, les Américains ont retrouvé les propriétés des ciments pouzzolaniques connus avec, semble-t-il, une activité encore plus grande que celle des meilleures pouzzolanes naturelles.

Ces propriétés sont :

L'amélioration de la résistance chimique par suite de la diminution de la teneur en chaux libre.

Une réduction de la chaleur d'hydratation pouvant aller jusqu'à 50 %.

Une augmentation sensible de la maniabilité du béton.

Diminution de la perméabilité.

Diminution du retrait.

Réduction de la réaction alcali-agrégat et de l'expansion qui en résulte.

Sensibilité au gel beaucoup moins grande.

Les résultats les plus intéressants sont obtenus avec des ciments contenant 30 % de cendres, ce qui permet, et ce n'est pas là le moindre intérêt, des économies très importantes.

Le béton en grosse masse constitue le champ d'application le plus intéressant pour ces produits et pour citer un exemple, l'emploi de cendres légères à la construction du Hungry Horse Dam a permis une économie de deux millions de dollars sur les 50 000 premiers mètres cubes de béton mis en place.

Dans la France et l'Union Française où la pénurie de ciment se fait toujours sentir un tel exemple est à retenir.

h) Études sur les vernis ralentisseurs d'évaporation.

Les inconvénients rencontrés lors du durcissement du béton en atmosphère sèche sont bien connus : mauvaise résistance mécanique, dureté superficielle défectueuse entraînant le poussiérage, retrait prématûre et fissuration, etc.

Le paillage et l'arrosoage ne donnant pas satisfaction, les Américains ont essayé depuis très longtemps de trouver un moyen de protection du béton plus pratique.

Les emballages de cellophane utilisés pour conserver l'humidité de certains produits ou les protéger contre cette dernière ont fourni l'idée de « membrane » de départ.

Il y a vingt ans déjà on a utilisé pour la première fois des émulsions d'asphalte naturel et de gilsonite pour constituer à la surface du béton frais une pellicule imperméable, c'était le procédé Hunt (« Hunt-Process ») qui a laissé son nom aux procédés de protection par « curing compounds ».

Durant ces dernières années on a mis au point des produits préparés à partir de gommes naturelles, de cires de pétrole et d'huiles siccatives qui donnent des résultats beaucoup plus intéressants que les émulsions de produits noirs.

Ces produits sont incolores ou pigmentés en blanc pour réfléchir le rayonnement solaire. Leur application se fait par pulvérisation, le pouvoir couvrant varie entre 7 et 9 m² au kg, un seul ouvrier peut sans peine effectuer la pulvérisation.

Dans les quelques minutes qui suivent, l'application, il se forme une pellicule imperméable uniforme et ininterrompue qui assure une rétention efficace de l'humidité pendant 28 jours.

Des essais de laboratoires effectués sur des éprouvettes enduites de curing compounds conservées en atmosphère sèche (hygrométrie 60 %) ainsi que sur des éprouvettes témoins non enduites ont montré l'efficacité de ces produits, c'est-à-dire : rétention d'eau (fig. 21), amélioration des résistances à la compression (fig. 23) et de la dureté superficielle (essai d'abrasion) (fig. 22).

Depuis ces derniers temps l'usage des curing compounds est entré dans les habitudes des constructeurs américains qui ont enduit 40 millions de mètres carrés de béton, aussi bien sous forme de route que de pistes d'aérodromes et de travaux de bâtiment.

Quand on connaît les ennuis provoqués en France par les phénomènes de dessiccation prématûre du béton, on voit qu'il y a là un exemple à suivre surtout en considérant que l'on utilise pour des raisons économiques beaucoup de ciments métallurgiques beaucoup plus sensibles à la dessiccation que le Portland.

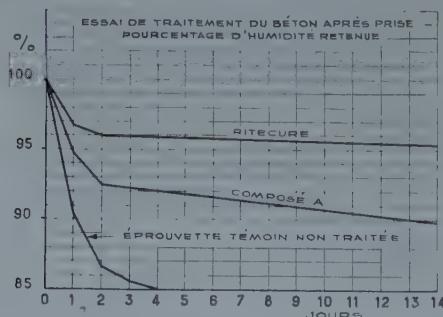


FIG. 21. — Action des curing-compounds sur la rétention d'eau du béton.

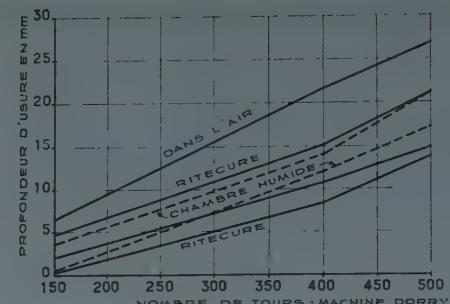


FIG. 22. — Action des curing-compounds sur la résistance à l'abrasion du béton.

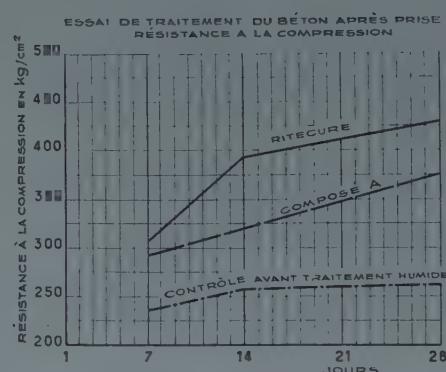


FIG. 23. — Action des curing-compounds sur la résistance à la compression des bétons.

i) Mesures de la densité des bétons et de l'humidité des sols par les méthodes radiométriques.

Depuis quelques mois, les Américains utilisent de nouvelles méthodes de mesure sur chantier de la densité et de l'humidité des bétons et des sols.

Ces techniques sont très intéressantes car elles évitent les carriages, les transports aux laboratoires, le paraffinage pour les échantillons destinés au dosage de l'humidité, etc.; elles sont basées sur les propriétés de certains rayonnements radio-actifs.

Pour les mesures de densité, on utilise le rayonnement γ et la source la plus fréquemment employée est le cobalt 60.

Les rayons γ qui trouvent leur origine dans les noyaux excités des atomes correspondent à la différence d'énergie entre un état initial excité et un état d'énergie plus faible qui n'est pas obligatoirement le niveau de base car il peut exister plusieurs niveaux d'énergie possibles. Le paquet de rayonnement γ émis lors d'une transition simple s'appelle un photon γ .

Les rayons γ sont très pénétrants et peuvent facilement traverser plusieurs dizaines de centimètres de matière (fig. 24).

L'absorption des rayons γ par la matière est fonction de la nature de cette matière. Si un rayonnement d'intensité I tombe sur une couche absorbante d'épaisseur dx , la fraction absorbée du rayonnement dI est proportionnelle à I et à un facteur caractéristique de la matière de sorte que :

$$dI = -\mu I dx.$$

Le signe moins indique que I décroît quand x croît. L'intégration donne :

$$\log eI = -\mu x.$$

En tenant compte des conditions aux limites l'intensité sortante I est :

$$I = I_0 e^{-\mu x}.$$

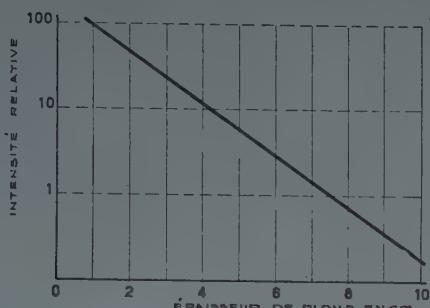


FIG. 24. — Décroissance de l'intensité du rayonnement γ du zinc 65 à travers le plomb.

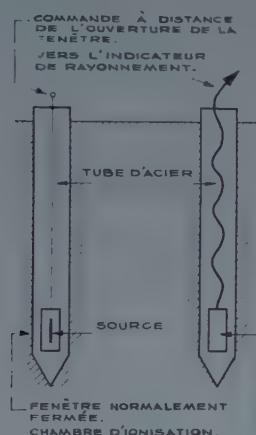


FIG. 25. — Mesure de densité par transmission des rayons γ .

Ce facteur d'absorption μ étant proportionnel à la densité on voit que la mesure est immédiate.

Au début les Américains faisaient deux trous de sondage dans lesquels ils descendaient respectivement la source et le récepteur constitué par un compteur de Geiger-Muller (fig. 25).

Puis on s'est aperçu que la loi était également valable en « mauvaise géométrie » où l'on obtient un autre facteur μ , qui est lui aussi fonction de la densité. Cela permet des mesures par diffusion pour lesquelles on n'utilise qu'un seul trou de sondage, la source et le récepteur étant descendus ensemble et simplement séparés par un écran de plomb évitant le rayonnement direct (fig. 26).

La mesure consiste simplement à introduire source et récepteur dans le trou de sondage et à compter le nombre de coups accusés par le compteur pendant 2 à 3 mn. Les chiffres obtenus sont reportés dans des diagrammes analogues à celui représenté sur la figure 27 donnant immédiatement la densité.

La précision semble être d'environ $\pm 32,04 \text{ kg/m}^3$ (± 2 livres par pied cube), ce qui correspond pour un béton normal à $\pm 1,5\%$.

Le dosage de l'eau s'effectue à l'aide de sources de neutrons, le plus souvent des sources radium beryllium.

Le neutron est une particule de grande énergie mais sans charge, il ne peut donc exercer des forces électriques ou magnétiques sur les noyaux chargés positivement. Par contre quand il passe à très courte distance d'un noyau, l'interaction peut être considérée comme un choc.

Le plus souvent le choc est élastique et les lois ordinaires de conservation s'appliquent. La perte d'énergie consécutive à ce choc est donc d'autant plus grande que le noyau est plus léger. Au fur et à mesure que l'énergie du neutron diminue il approche d'une énergie $3/2 kT$ correspondant à celle d'une particule en équilibre thermique avec l'ambiance, k étant la constante de Boltzmann et T la température absolue; dans cet état on l'appelle « neutron thermique ».

Les noyaux d'hydrogène ayant la masse la plus faible (masse du proton et du neutron) transforment très facilement les neutrons rapides en neutrons thermiques et c'est le principe du dosage de l'eau qui revient donc à compter les neutrons thermiques provenant des neutrons rapides de la source, ralentis par les atomes d'hydrogène de l'eau.

Le comptage des neutrons thermiques se fait indirectement en mesurant la radioactivité β ou γ qu'ils induisent dans des corps comme l'argent ou le rodium.

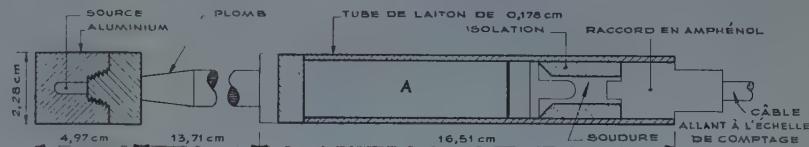


FIG. 26. — Type de sonde pour les dosages par diffusion.

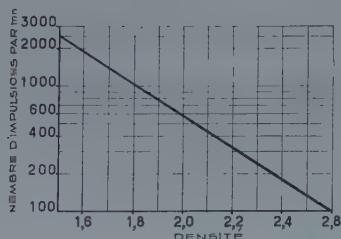


FIG. 27. — Diagramme donnant la densité du béton d'après le nombre de particules reçues dans un temps donné.

Comme pour la densité, la source et le récepteur sont descendus dans le même trou, la mesure demande quelques minutes et la teneur en eau est obtenue d'après les Américains à $\pm 1\%$.

Le phénomène intéresse tous les atomes d'hydrogène et il est bien entendu que la méthode est en défaut quand les matériaux sols ou bétons contiennent une source d'hydrogène autre que l'eau, ce qui est heureusement assez exceptionnel; par contre, les corrections d'eau combinée peuvent être dans certains cas importantes, ce qui retire alors beaucoup d'intérêt à la méthode.

II. — PLATRE

Il est très difficile de tirer des enseignements sur les techniques du plâtre aux États-Unis car il s'agit d'un matériau très différent de notre « plâtre de Paris » qui est presque totalement ignoré des Américains.

Les plâtres français sont composés par 70 à 80 % de demi-hydrate $\text{SO}_4 \text{Ca} \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$, 20 à 30 % de plâtre à prise lente appelé aussi plâtre hydraulique constitué par de l'anhydrite relativement soluble et enfin par quelques pour cent d'impuretés et de gypse incuit jouant le rôle d'amorce de cristallisation, c'est-à-dire d'accélérateur de prise.

Au contraire, les produits américains contiennent 98 % de demi-hydrate et pas du tout de gypse incuit, ce sont des produits à prise lente que la technique du pays demande encore à retarder par une légère addition de matières organiques, le plus souvent des protéines dérivées des cornes. Ainsi, alors que les plâtres français possèdent un début de prise moyen vers 10 mn, celui des produits américains se produit rarement avant 35 mn.

Les courbes d'échauffement de la pâte au cours de la prise représentées sur la figure 28 mettent bien en évidence les différences des deux produits.

Avec un produit à prise lente les gâchages peuvent être beaucoup plus serrés, les Américains dépassent rarement 65 % d'eau, ce qui conduit à de meilleures résistances, à des porosités beaucoup plus faibles, à des duretés superficielles bien supérieures.

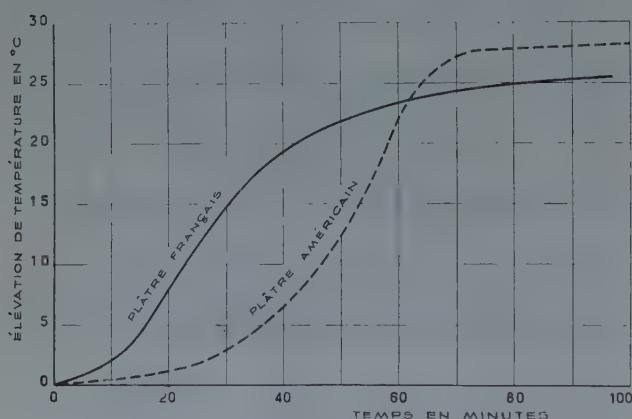


FIG. 28. — Essai comparatif d'échauffement à la prise d'un plâtre français et d'un plâtre américain.

Les mortiers de plâtre sont également très employés (1 de plâtre, 3 de sable); c'est alors qu'on utilise un liant retardé dont le début de prise n'a pas lieu avant deux heures. On retombe alors dans la technique d'utilisation des mortiers de ciment.

Les Américains utilisent également beaucoup le Keenes cement qui est un plâtre cuit à haute température dont la prise très lente doit être accélérée par une addition de sulfate de potasse (0,7 %).

Ce produit employé en mélange avec de la chaux grasse destinée à le plastifier donne des enduits d'une dureté exception-

nelle; au contraire du plâtre ordinaire il peut être employé sans inconvenient à l'extérieur. Mélangé au sable il donne des mortiers dont la résistance approche celle des mortiers de maçonnerie en ciment.

En plus des nombreuses utilisations directes sur le chantier, les Américains emploient un tonnage très important de plâtre pour fabriquer en usine du plaster board (placoplâtre) et divers agglomérés pour l'isolation thermique, acoustique, etc.

Ils livrent également en sac des mélanges tout préparés de plâtre et de produits spéciaux comme la vermiculite ou la perlite destinés à la préparation d'enduits isolants.

L'utilisateur possède ainsi une gamme de produits préparés destinée répondant à des utilisations très variées.

On a par exemple, à partir du « Cement plaster » de base les :

« Sanded plaster », mélange préparé de plâtre et de sable dans les proportions voulues pour obtenir de bons mortiers.

« Bondcrete plaster », plâtre plastifié par une addition d'hydrate de chaux destinée aux enduits sur béton.

« Ganging plaster », mélange également plastifié à l'hydrate de chaux employé pour les finitions lisses.

« Colored finish plaster », plâtre plastifié et coloré par des oxydes métalliques et destiné à éviter la peinture ultérieure des enduits.

« Wood fiber plaster », mélange de plâtre et de fibre de bois pour l'isolation et les revêtements ignifuges, etc.

Au point de vue des études, l'effort américain durant ces dernières années semble avoir porté surtout sur ces mises au point destinées à prévenir les désirs de la clientèle en lui donnant des produits tout préparés, pouvant être mis en œuvre avec le minimum d'effort et le maximum de sécurité quand les prescriptions d'emploi du fabricant sont scrupuleusement respectées.

Sur ce point, il est bien évident que les Américains sont nettement avantagés par l'absence de routine et l'imagination limitée de leurs ouvriers. Ce qui est évidemment vrai pour toutes les techniques prend un relief particulier quand on l'applique aux industries françaises du plâtre où, surtout du côté de l'utilisation, des traditions formelles empêchent tout progrès.

C'est très certainement dommage car un effort dans le sens américain est sûrement payant, l'industrie du plâtre jouissant aux États-Unis d'une prospérité impressionnante.

Par contre du côté de la recherche purement laboratoire, l'effort actuel paraît assez limité. Au point de vue de la composition des produits de base, les Américains semblent se contenter actuellement du demi-hydrate pour les plâtres ordinaires et de l'anhydrite cuite à température élevée pour les plâtres à haute résistance.

Nous avons noté simplement des recherches sur les expansions provoquées par la chaux et surtout la magnésie, de plâtres provenant de la cuisson de gypse contenant une certaine proportion de calcaire dolomitique, ainsi que des études sur l'influence de l'humidité sur la conservation des enduits, particulièrement sur leur résistance mécanique.

Nous ne noterons que pour mémoire les recherches déjà vieilles de quelques années sur la cuisson à l'autoclave conduisant pour les usages spéciaux du plâtre (moulages spéciaux, emplois chirurgicaux, etc.) à des matériaux dont la résistance est facilement deux fois plus élevée que celle des plâtres classiques et atteint facilement 40 kg/cm^2 à la traction.

III. — VERRE

Les Américains ont compris tout le parti que l'on pouvait tirer du verre qui, grâce à ses multiples propriétés permet des réalisations techniques et architecturales très intéressantes.

Ils ont compris notamment que la trempe en éliminant le défaut principal du verre : la fragilité, donnait à ce dernier une place de choix parmi les matériaux de construction.

On sait qu'une trempe homogène du verre mettant les couches externes en compression et les couches internes en extension, réalise un matériau autocontraint dont les résistances mécaniques et en particulier la résistance au choc sont augmentées dans des proportions considérables.

Le facteur fragilité étant éliminé, les avantages du verre deviennent prépondérants; ces avantages sont : la transparence ou la translucidité, la facilité de façonnage permettant les fabrications les plus variées :

Sous forme de feuilles : vitres ordinaires, glace trempée, pour les façades, devantures, portes, glace double (« Thermopane ») réalisant un double vitrage préfabriqué pour l'isolation thermique.

Sous forme de verre creux : pavés de verre trempé pour le béton translucide, briques de verre pleines pour l'intérieur ou creuses pour l'extérieur dont le creux contenant de l'air raréfié ralentit considérablement les échanges thermiques par conductibilité et convection.

Sous forme de fibres, destinées à la fabrication d'agglomérés isolants pour la chaleur et pour le son ou employées avec du verre plat pour réaliser des matériaux composites du genre « Thermolux » diffuseur de lumière et isolant thermique.

Il est bon de signaler d'ailleurs, que toutes ces fabrications sont réalisées en France mais elles sont méconnues de la plupart des utilisateurs, architectes et ingénieurs.

L'amélioration de qualité apportée par la trempe aux pavés de verre a bien provoqué une légère extension des applications du béton translucide dont l'utilisation reste toutefois très limitée.

On a bien noté également, durant ces dernières années, quelques réalisations de façade en glace trempée mais cela n'intéresse que la région parisienne et des constructions de luxe : magasins d'exposition d'automobiles, cinémas, etc.

Les autres matériaux tels que les briques à vide d'air raréfié ou les doubles vitrages « thermopane » pourtant fabriqués en France sont pratiquement inconnus.

Les briques américaines (fig. 29) sont constituées par des éléments en verre creux soudés verre contre verre suivant un procédé qui les rend absolument solidaires l'un de l'autre. La forme des surfaces latérales est étudiée de façon à obtenir par transmission de la lumière des effets décoratifs aussi bien de l'extérieur que de l'intérieur où l'on a en plus une diffusion des rayons lumineux qui, en atténuant les contrastes, augmentent le confort et la sécurité (dans le cas des constructions d'usines).

Le vide d'air à basse pression donne au matériau la valeur d'isolation d'un mur de pierre de taille de 30 cm.

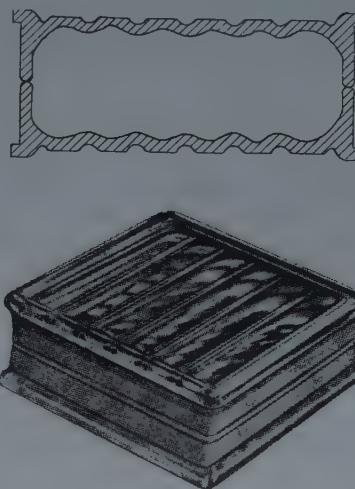


FIG. 29. — Brique de verre creuse à vide d'air raréfié.

Le double vitrage « Thermopane » présente l'avantage de réduire les pertes de chaleur toujours considérables avec les vitrages ordinaires, d'éviter les condensations de vapeur d'eau, le jointement parfait entre les deux glaces évitant toute condensation intérieure. L'absorption des bruits est également importante. La pose se fait sans difficulté sur les châssis classiques.

Les produits du genre « Thermolux » sont constitués par de la laine de verre emprisonnée entre deux feuilles de verre ordinaire.

Leurs propriétés de diffusion lumineuse, d'isolation thermique et phonique en font des matériaux intéressants pour la construction des immeubles particuliers et surtout des usines.

Quant à la fibre de verre, il n'est pas possible d'énumérer les agglomérés auxquels elle a donné naissance car il y en a certainement plusieurs milliers, c'est le matériau isolant par excellence.

Il semble donc que dans le domaine de l'utilisation des matériaux en verre, l'Europe et la France en particulier, aient un retard considérable sur les États-Unis, ce qui est regrettable car on néglige une source de confort et souvent d'économie importante. C'est d'autant plus regrettable que les recherches qui ont abouti à ces réalisations, notamment la trempe, sont parties d'idées françaises et que d'ailleurs, sur le plan de la recherche et de la mise au point des matériaux nouveaux, la France ne paraît pas avoir un retard important. Comme dans l'exemple cité précédemment à propos du plâtre, il semble que le problème se ramène aussi à une question d'éducation des utilisateurs.

IV. — PRODUITS DE TERRE CUITE

Aux États-Unis les industries de la terre cuite englobent, comme en Europe, les fabrications des briques pleines et perforées (bricks), briques creuses (tiles), tuiles (roofing tiles), mais alors qu'on semble y fabriquer moins de corps creux, on remarque que les activités de la « Terra cotta » sont très larges et comprennent notamment une production très importante de briques émaillées dont la pâte n'est pas rouge mais ressemble plutôt à la faïence ou au demi-grès.

La raison principale est que dans ce pays la terre cuite n'est pas, comme dans beaucoup de contrées européennes, le matériau de construction de base. Ce rôle est joué par le bois et les briques n'interviennent très souvent que sous forme de parement, constituant ainsi un matériau de luxe ou tout au moins de demi-luxe.

Étant donné l'étendue du pays et l'activité constructrice qui y règne, les industries de la « Terracotta » sont cependant très importantes.

Dans beaucoup de contrées les gisements de terre permettent un travail à sec, en poudre, ce qui évite le stockage pour le pourrissage; pourtant dans des secteurs très importants comme la vallée de l'Hudson, le procédé humide est employé.

De bonnes conditions de travail à la fois naturelles et organisées permettent d'obtenir des produits de bonne qualité à bas prix.

En plus des avantages déjà cités, les matières premières conduisent généralement à des séchages peu délicats, ce qui est très important dans cette industrie.

Ce séchage est d'autant moins délicat que la matière crue est généralement beaucoup plus travaillée qu'en Europe car l'énergie est beaucoup moins chère. Le courant électrique par exemple est, par rapport à l'heure d'ouvrier, dix fois moins cher qu'en France.

Pour la cuisson beaucoup d'installations bénéficient du gaz naturel, les autres fonctionnent au mazout; le gaz de gazogène est très peu employé et le charbon pulvérisé pratiquement inconnu.

La mécanisation des usines est très poussée : emploi des portiques, lift trucks, etc., cependant quelques anomalies appartenantes sont intéressantes à signaler.

Les plus vieilles installations américaines utilisent des fours intermittents à flamme renversée.

Pour des raisons vraisemblablement syndicales, le four Hoffmann, unité de production de base en Europe, mais qui impose un service assez dur aux ouvriers, est inconnu aux États-Unis.

Les usines courantes utilisent des fours-tunnels dont les plus importants produisent 150 t par jour, c'est-à-dire 75 000 briques environ; les fabriques comportant une ou deux unités de ce type sont fréquentes.

Pour des productions plus importantes il ne semble pas que la multiplication des fours-tunnel soit intéressante. C'est ainsi

que dans une des plus importantes briqueteries des États-Unis dans la région de New-York, qui produit 500 000 briques (1 000 t) par jour, on est revenu au procédé ancestral de cuison à la volée qui s'est révélé comme le plus économique même en provoquant 25 % de déchets.

Des brûleurs à mazout sont introduits dans des trous ménagés dans l'empilement de la matière crue et la cuisson se fait ainsi en plein air.

De même, alors que la manutention et la préparation du cru se faisaient à l'aide d'une mécanisation très poussée et que le compactage des briques se faisait à la cellule photo-électrique, la reprise à la mouleuse était effectuée à la main par une équipe d'une trentaine d'ouvriers. Bien que la main-d'œuvre soit extrêmement chère, une étude économique poussée avait montré que ce procédé était le plus rentable.

Il semble donc qu'aux États-Unis les études et recherches aient surtout porté sur cet aspect économique de l'organisation de la production, ce qui a pour conséquence curieuse de conduire dans certains cas à d'apparents retours en arrière du point de vue purement technique.

Puisqu'il est question de technique, il faut tout de même signaler que la tenue des couvertures des briques émaillées préoccupe aussi bien les fabricants que les utilisateurs et que des études sont faites actuellement en vue d'améliorer cette tenue qui est encore jugée insuffisante.

En ce qui concerne plus particulièrement l'utilisation, il ne semble pas y avoir de préoccupation majeure; la question des efflorescences en est au même point qu'en Europe. Les briques creuses qui servent d'éléments de remplissage dans les grands buildings, où elles rencontrent la très sévère concurrence des éléments en béton, ne posent pas de problèmes particuliers.

Les produits pleins étant employés comme nous l'avons dit surtout en parement, les études portent surtout sur les combinats bois-terre cuite en vue d'obtenir à la fois des effets décoratifs et une bonne isolation.

On arrive ainsi très souvent à prévoir devant la maison de bois un parement de brique auto-porteur avec, dans le vide, une étanchéité à base de produit noir pour assurer l'imperméabilité et un bourrage en laine minérale ou en vermiculite pour obtenir l'isolation thermique et phonique.

Les tuiles sont utilisées presque uniquement dans l'Ouest car dans l'Est et le Middle-West on emploie de préférence les cartons et toiles imprégnés de bitume ainsi que les asphalt tiles. Ces tuiles comportent assez souvent des couvertures de couleurs claires et franches qui permettent quelquefois des effets décoratifs heureux.

Comme il a été signalé (chap. I) et comme il le sera au chapitre V, les agrégats légers et les graviers céramiques pour étanchéité sont des fabrications annexes des industries de la terre cuite.

V. — PEINTURES. BITUMES. MATÉRIAUX DIVERS

A. — PEINTURES

Dans le bâtiment, les peintures utilisées ressemblent beaucoup à celles utilisées en France, cependant quelques différences sont à signaler en ce qui concerne la composition puisqu'il n'existe pas, par exemple, aux États-Unis, de restrictions relatives à l'emploi des pigments plombifères, c'est pourquoi, entre autres, la céruse est très utilisée. Des différences encore plus importantes existent dans les techniques d'application car les Américains ignorent la peinture préparée sur le chantier et ne connaissent que les produits fabriqués en usine ce qui est un facteur important de réussite et surtout, ils bénéficient généralement de fonds neufs supérieurs aux nôtres, notamment des enduits de plâtre plus serrés et plus durs (voir chap. II), des bois plus secs et des menuiseries métalliques correctement imprimées en usine ce qui évite de peindre sur la rouille.

Compte tenu de ces remarques les peintures les plus utilisées dans le bâtiment sont comme en France les peintures à l'huile, le plus souvent à l'huile de lin cuite.

Dans les constructions des grandes villes du type gratte-ciel, les ossatures métalliques sont protégées par des systèmes anti-rouille classiques : impression minium de plomb ou de fer deux couches de peinture à l'huile 20 et 30 %.

Pour les remplissages, souvent en parpaings de béton, on emploie le plus souvent une peinture au ciment mise au point depuis quelques années et qui bénéficie d'une grande faveur aux États-Unis ; elle est composée de ciment Portland et de chaux grasse avec une très légère pigmentation au lithopone et une addition d'accélérateur de prise et d'hydrofuge (water repellent).

Les constructions des petites villes souvent en bois représentent la maison type des États-Unis. Bien isolées de l'ambiance, conditionnées en humidité et en température, ces maisons sont très confortables. L'entretien extérieur consiste en un renouvellement de la peinture tous les trois ans environ. On utilise le plus généralement, impression mise à part, un système à deux couches de peinture à l'huile qui s'écarte très peu de la composition suivante :

Liant	35 %
Pigment	65 %

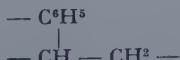
Le liant étant composé d'un mélange d'huile de lin crue, d'huile de lin cuite et de white spirit et le pigment de carbonate et de sulfate basique de plomb, d'oxydes de zinc et de titane avec une charge de silicate de magnésie.

A l'intérieur qui est refait plus souvent encore, les systèmes à l'huile sont remplacés de plus en plus par une peinture émulsion au latex synthétique (styrene-butadiène) spécialement étudiée ces dernières années pour accrocher sur tous les matériaux, même quand ils sont humides (plâtres frais) et pour obtenir une grande facilité d'application.

Le styrène butadiène est un copolymère à longue chaîne dont la structure est composée d'alternances de quatre chaînons butadiène de composition :



et d'un chaînon styrolène :



Cette résine donne des émulsions très stables qui, employées conjointement avec une résine alkyd très longue en huile pigmentée à l'oxyde de titane, donnent une peinture très facile d'emploi dont le film microporeux permet les échanges entre le support et l'ambiance.

Le succès de cette peinture très nouvelle est considérable aux États-Unis.

Une autre peinture récemment mise au point intéresse plus particulièrement les travaux publics. Il s'agit d'un produit destiné à la confection des bandes axiales sur les routes qui, la nuit, possèdent la propriété de briller sous la lumière des phares. Cet effet est obtenu en additionnant au pigment de la peinture des petites billes de verre d'une centaine de microns de diamètre qui jouent le rôle d'un cataphot.

Les liants de ces peintures à séchage très rapide sont constitués par une résine alkyd très courte en huile.

* * *

Pour les constructions industrielles qui doivent résister à des attaques chimiques importantes, les Américains emploient surtout les caoutchoucs chlorés et les dérivés vinyliques. La résistance à l'eau est obtenue à l'aide des dérivés styréniques dont les propriétés « water repellent » sont mises à contribution.

La protection des sols ciment se fait avec des peintures au caoutchouc chloré pigmentées avec des abrasifs.

Des recherches de laboratoire très récentes ont permis la mise au point d'une peinture considérée à l'heure actuelle comme la plus résistante aux agents chimiques.

Le liant de base est une résine synthétique appelée « Epon » qui est obtenue par condensation de l'épichlorhydrine sur le diphenylol-propane.

Des films d'une inertie chimique inconnue jusqu'à ce jour sont obtenus pour des compositions polymérisables vers 200° que les Américains n'hésitent pas à utiliser même pour la protection de gros ouvrages, des cuves et réservoirs par exemple.

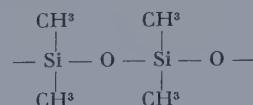
Ils se servent alors de batteries de lampes infra-rouges ou de résistances électriques et réalisent ainsi des cuissous sur le chantier. Ceci vaut d'être signalé car ce système inconnu en France permet d'obtenir des protections beaucoup plus efficaces, les polymérisations au four donnant toujours des films beaucoup plus résistants que ceux obtenus par simple séchage à l'air.

D'ailleurs les résines Epon additionnées d'une quantité suffisante d'acides gras siccatis classiques peuvent donner des produits séchant à l'air à la température ambiante, mais la résistance est alors moins bonne.

D'après les techniciens américains que nous avons consultés, ces peintures dont la fabrication industrielle commence à l'heure actuelle, sont appelées au plus grand avenir.

Nous signalerons, pour terminer, qu'on emploie de plus en plus aux États-Unis les peintures et enduits à base de silicones.

On sait que les silicones sont des produits qui tirent leur existence des analogies chimiques entre le carbone et le silicium qui, à la suite d'opérations complexes peut se substituer au premier dans des chaînes organiques de structure :



Les propriétés des silicones sont principalement :

1^o Une très grande résistance à l'eau et à la vapeur d'eau résultant de propriétés superficielles dues à l'orientation en surface des radicaux hydrophobes.

2^o Une très grande inertie chimique.

3^o Une très forte résistance à la chaleur.

Les Américains tirent parti de ces qualités en utilisant les peintures et enduits à base de silicones pour l'appareillage industriel soumis :

a) A l'humidité : carter de pompe ou de moteurs électriques fonctionnant à l'extérieur, etc.

b) Aux actions chimiques : matériel et bâtiment de l'industrie chimique en général surtout, quand on demande à la fois des propriétés d'inertie chimique et de résistance aux variations de températures :

Tours de craking, échangeurs thermiques, évaporateurs, machines frigorifiques, etc.

c) Aux températures élevées : fours à ciment, carcasses de turbo-réacteurs, pots d'échappement de moteurs, etc.

* * *

En résumé, si les utilisateurs américains aussi bien dans le bâtiment que dans les constructions industrielles possèdent une gamme de produits très étendue, la plupart de ceux-ci sont connus et fabriqués en Europe.

Les fabricants de peintures, surtout quand il s'agit des nouveaux liants plastiques, ne fabriquant pas eux-mêmes leurs matières de base, la supériorité américaine en matière de peinture est due à la puissance de l'industrie chimique de ce pays, surtout en matière de qualité; résultat obtenu grâce à une puissance financière très importante, mais surtout à une saine compréhension du progrès qui conduit les industriels des activités chimiques américaines à consacrer en moyenne 10 % de leur chiffre d'affaires à la recherche, l'enormité de ce chiffre se passant de tout commentaire.

Du côté de l'application, une plus grande connaissance des produits disponibles et de leur qualité amenant des sélections plus judicieuses à chaque cas particulier constitue aussi un élément de supériorité en faveur des Américains.

B. — MATERIAUX DIVERS

En matière d'étanchéité la technique des Américains ne diffère pas essentiellement de la nôtre, si ce n'est que la meilleure tenue des chapes américaines est due simplement à leur épaisseur de deux à trois fois supérieure aux nôtres. Il est à signaler également que pour ces travaux les Américains utilisent presque exclusivement des bitumes de pétrole et très peu de produits naturels.

La recherche de laboratoire a porté ces derniers temps sur la mise au point de graviers synthétiques destinés à éliminer l'action du facteur principal du vieillissement des produits noirs, les rayons ultra-violets, et qui seraient plus actifs que les graviers naturels.

Ces graviers synthétiques sont des produits céramiques du genre terre cuite et leur efficacité comme protecteur des bitumes est contrôlée dans des machines automatiques de vieillissement accéléré du type Weatherometer.

* * *

En dehors de tous les agglomérés divers destinés surtout aux isolations thermique et phonique à base des matériaux dont il a été question dans les chapitres précédents, nous mentionnerons les asphalt-tiles dont l'emploi est extrêmement répandu aux États-Unis.

Ces matériaux ressemblent au « Dalami » que nous connaissons et sont constitués par une charge de fibre et de poudre d'amiante, agglomérée pour les produits clairs par une résine du type coumarone et pour les produits foncés par un liant noir à base de bitume.

(Reproduction interdite.)

SUPPLÉMENT AUX
ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

SEPTEMBRE 1953

Sixième Année, N° 69.

Série : ÉQUIPEMENT TECHNIQUE (XXXVII).

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

LA PERMÉABILITÉ DES BATIMENTS A L'AIR, AUX GAZ ET AUX VAPEURS

Par **M. R. CADIERGUES**,

Directeur du Comité Scientifique et Technique de l'Industrie du Chauffage et de la Ventilation.

SOMMAIRE

	Pages.		Pages.
PREMIÈRE PARTIE. — Données générales.	810	TROISIÈME PARTIE. — Perméabilité à la vapeur d'eau et autres gaz.	823
1. Introduction.....	810	13. Perméabilité à la vapeur d'eau.....	823
2. Influence de la perméabilité sur l'isolation thermique..	810	14. Perméabilité aux autres gaz.....	826
3. Influence de la perméabilité sur l'isolation acoustique.	811	QUATRIÈME PARTIE. — Études physico-mathématiques de la perméabilité aux gaz et vapeurs.....	826
4. Choix de la perméabilité à l'air des bâtiments.....	811	15. Écoulement des fluides à travers les corps porcux.....	826
5. Choix de la perméabilité à la vapeur d'eau des bâtiments.	811	16. Écoulement des fluides à travers les orifices.....	827
6. Lois générales de la perméabilité aux gaz.....	812	17. Écoulement des fluides à travers les fentes.....	827
7. Lois générales de la perméabilité aux vapeurs.....	812	18. Application de l'analyse dimensionnelle.....	828
8. Mesures de perméabilité.	813	BIBLIOGRAPHIE	829
DEUXIÈME PARTIE. — Perméabilité à l'air.....	813	TABLEAUX ANNEXES	830
9. Perméabilité à l'air des matériaux.....	813		
10. Perméabilité à l'air des structures fixes.....	816		
11. Perméabilité des structures mobiles.....	819		
12. Perméabilité à l'air des bâtiments.....	822		

INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

PREMIÈRE PARTIE

DONNÉES GÉNÉRALES

1. Introduction.

Au cours de nos études sur la ventilation naturelle, en particulier dans les locaux industriels, nous avons été conduits à étudier spécialement le problème des infiltrations d'air. Il s'est avéré que nos connaissances sur ce sujet étaient beaucoup plus importantes et plus précises que nous ne le croyions et qu'on ne le croit en général. Cela tient à ce que des études variées ont été faites en Allemagne, aux États-Unis, en Angleterre, au Canada, en Hollande, en France, etc., mais que chaque expérimentateur n'a pas en général cherché à bénéficier des résultats de ses prédecesseurs. Il nous est dès lors apparu indispensable de réaliser une synthèse des résultats obtenus, et c'est cette synthèse que nous présentons aujourd'hui.

Le fait de réunir de nombreuses études a conduit à des conclusions que chacune d'entre elles n'avait pas permises, et une grande partie des résultats — en dehors des valeurs numériques des figures et tableaux — indiqués en deuxième partie est originale, et justifie donc notre tentative.

Cette publication a été volontairement séparée de notre étude sur la ventilation naturelle, parce que ce n'est pas le seul domaine auquel nos connaissances sur la perméabilité à l'air et aux gaz soit utile. Le calcul des déperditions ou des gains de chaleur, le calcul de mise en surpression des locaux, l'étude de la propagation de l'humidité (sous forme de vapeur), l'étude de l'isolation acoustique, la détermination des pressions dues au vent doivent faire appel également à ces connaissances. C'est pourquoi nous présentons sous fascicule séparé la présente étude, dont — bien entendu — l'une des applications les plus importantes portera sur la ventilation naturelle. Signalons que certains sujets particuliers (perméabilité des conduits de fumée, ou des gaines de ventilation) ne sont

pas expressément prévus dans notre étude, mais qu'on trouvera toutefois des indications qui leur sont applicables.

L'ensemble de l'étude pourrait être abordé sous l'aspect général et synthétique de la perméabilité aux gaz les plus divers, mais en pratique la majorité des expériences ont porté sur la perméabilité à l'air et une partie plus réduite sur la perméabilité à la vapeur d'eau. L'extension des résultats obtenus pour chaque gaz ou vapeur à d'autres gaz ou vapeurs pose des problèmes de principe difficiles à résoudre. Nous donnerons à la fin de l'étude des indications sur ce sujet et nous en indiquerons les applications essentielles, mais l'exposé proprement dit ne portera que sur les résultats expérimentaux obtenus avec l'air et la vapeur d'eau.

Nous tenons à remercier J. GENEVAY et D. THIN, qui nous ont aidés dans le dépouillement de la documentation internationale très importante recueillie sur le sujet, et à rendre hommage à J. MOURET qui avait réuni avant-guerre à notre Comité une grande partie de la documentation ancienne sur la perméabilité à l'air, ainsi qu'à MM. BEAURIENNE et NESSI qui nous ont permis de bénéficier de leur documentation.

2. Influence de la perméabilité sur l'isolation thermique.

La perméabilité à l'air provoque des pertes de chaleur qui peuvent être très appréciables, et contre lesquelles il semble bien qu'on ne prenne pas toujours suffisamment de précautions dans la construction moderne. L'un des objets de ce rapport doit être justement de fournir les éléments nécessaires pour prendre ces précautions.

Si le volume d'air V (en m^3/h) traverse $1 m^2$ de paroi par heure, le coefficient de transmission de chaleur courant

RÉSUMÉ

L'auteur, après avoir indiqué le but et la limite de l'exposé, montre l'influence de la perméabilité sur l'isolation thermique et acoustique et les conditions du choix rationnel de la perméabilité à l'air ou à la vapeur d'eau des bâtiments; il indique ensuite les lois générales de la perméabilité et leur représentation sous forme de courbes caractéristiques. Une deuxième partie est consacrée à la perméabilité à l'air des matériaux, des structures fixes à joints secs, des structures mobiles (fenêtres, portes, etc.), et fournit des renseignements numériques complets, résultant de toutes les recherches internationales connues, présentés sous forme comparée et condensée. Une troisième partie est consacrée de façon analogue à la perméabilité à la vapeur d'eau et fournit des indications sur les conclusions qui peuvent être tirées des résultats précédents quant à la perméabilité aux autres gaz. Une quatrième partie est consacrée aux formules générales sur la perméabilité et est complétée par une bibliographie des travaux utilisés dans l'étude.

SUMMARY

After sketching the purpose and the limits of his paper, the author shows the influence of permeability on thermal and acoustical insulation and the conditions of a rational choice of permeability of buildings to air or vapour. Then he mentions the general laws of permeability and their representation in the form of characteristic curves. A second part deals with the permeability to air of materials, of fixed structures with dry joints, of movable elements (windows, doors, etc...). He gives complete numerical information, the result of all the known international research, presented in a comparative and condensed form. A third part deals in an analogous manner with permeability to vapour and gives data on conclusions which may be drawn from the preceding results as to permeability to other gases. A fourth part deals with general permeability formulas and concludes with a bibliography of the research work used in this investigation.

(qui ne tient pas compte de cette perméabilité) doit être majoré de $0,3V \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C}}$. Or V varie dans les conditions réelles et pour différentes structures et différentes conditions climatiques de 0,001 à 100 (et même plus), soit un accroissement de coefficient de transmission de chaleur allant de valeurs négligeables à des valeurs de plus de $30 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C}}$. On remarquera la grandeur considérable de la dernière limite (rappelons que le coefficient maximum normal à travers une paroi imperméable est de 5).

La perméabilité à la vapeur d'eau joue un rôle inverse, en ce sens qu'un matériau imperméable à la vapeur d'eau risque de retenir l'humidité et présente de ce fait une source d'accroissement de la conductibilité thermique; il peut donc être intéressant de ne pas trop rechercher les structures imperméables à la vapeur d'eau : cela est parfaitement possible sans recourir obligatoirement à des structures de perméabilité à l'air inacceptables.

3. Influence de la perméabilité sur l'isolation acoustique.

Il faut souligner que la perméabilité à l'air est susceptible de réduire fortement l'isolement sonore des parois. C'est ainsi qu'une cloison de fibraglio non enduit, qui devrait — d'après son poids — assurer un isolement sonore de 35 dB au moins, n'assure par suite de son intanchéité à l'air qu'un isolement sonore de l'ordre de 10 à 14 dB, ce qui est généralement négligeable et souvent inacceptable.

De même les interstices des portes et fenêtres jouent un rôle essentiel dans la transmission des bruits. On doit d'ailleurs très nettement distinguer l'influence de la perméabilité dans le cas de corps poreux et dans le cas de fissures; les résultats acoustiques sont nettement différents, ce qui est dû surtout au fait que la longueur des fissures dépasse la longueur d'onde d'une bonne partie des ondes sonores, ce qui fait alors intervenir des phénomènes de diffraction.

Le calcul de la réduction d'isolement sonore en fonction de la perméabilité à l'air dans le cas de pores, de trous ou de fentes est possible, mais l'exposé de ces questions dépasse le cadre de notre étude; on trouvera dans la dernière partie de la présente publication quelques indications destinées à orienter plus complètement les lecteurs que cette question intéresserait.

4. Choix de la perméabilité à l'air des bâtiments.

Les portes et fenêtres étaient dans la construction traditionnelle les éléments essentiels d'infiltration d'air; il n'en est sans doute pas obligatoirement de même dans certaines constructions modernes où le développement des produits légers et des structures à joints secs sont susceptibles d'introduire des degrés de perméabilité des parois fixes assez élevés.

Le remède à cet inconvénient est assez simple en général, mais il ne faut pas cependant prendre des précautions trop poussées, car il n'est pas souhaitable de parvenir à des constructions totalement étanches, à moins de prévoir des dispositifs de ventilation artificielle. Certes il est parfois dit dans les Cahiers des charges de menuiserie que les fenêtres par exemple seront parfaitement étanches : c'est une clause beaucoup trop absolue pour être applicable et il est d'ailleurs assez heureux qu'elle ne soit pas appliquée. Il ne faut pas en effet conclure de ce que nous avons dit jusqu'ici que portes et fenêtres doivent être

soigneusement calfeutrées, car cela entraînerait une réduction de la ventilation inacceptable dans les locaux habités, sauf dispositifs spéciaux prévus par ailleurs.

Nous verrons comment il est possible d'assurer une certaine intanchéité aux gaz, tout en se limitant à des valeurs sans conséquences thermiques ou acoustiques graves. On peut dire, à ce propos, que l'introduction d'un label de qualité pour les menuiseries tenant compte en particulier de la perméabilité à l'air, constituerait un progrès technique incontestable. Cette solution est actuellement étudiée par la Commission « Menuiserie » de l'Institut Technique et des Laboratoires.

Nous croyons que la meilleure solution aux problèmes de ventilation naturelle ne serait ni les gaines, ni les fentes de fenêtres, mais les « perforations » (trous d'aération); comme ce principe suppose une modification assez profonde des techniques du bâtiment, la solution qui consiste à spécifier la perméabilité des menuiseries restera sans doute pendant un certain temps encore la plus facile.

Il faut bien signaler enfin qu'une certaine perméabilité à l'air peut être parfois utile, en particulier en toiture, pour réduire les dépressions; c'est par exemple ce qu'on a recommandé pour les toitures en cuivre, et on a pu citer des cas d'accidents (arrachement de toiture) lorsqu'on n'avait pas prévu les perforations recommandées jadis pour ce système.

5. Choix de la perméabilité à la vapeur d'eau des bâtiments.

Pour éviter la pénétration d'humidité à travers les parois d'un bâtiment, on pourrait penser qu'il suffit de recouvrir celles-ci d'un enduit étanche; c'est parfois une technique nécessaire (cas des toitures-terrasses par exemple), mais cet enduit doit être alors parfaitement réalisé et entretenu, de façon à ne pas présenter de discontinuités qui laisseraient pénétrer l'humidité, cas auquel l'enduit étanche jouerait un rôle plutôt nuisible qu'utile. Il faut en outre que cet enduit n'ait été appliqué qu'après que la paroi soit suffisamment sèche.

Ce danger des matériaux — et surtout des enduits — étanches est dû à l'importance du phénomène de séchage. Les matériaux non métalliques du bâtiment absorbent lors de leur pose une quantité d'eau souvent extrêmement importante. Or l'évaporation est, dans les conditions normales, assez lente, de l'ordre de plusieurs mois en général, mais également de l'ordre de plusieurs années avec des murs en béton compact ou des murs poreux revêtus sur leurs faces d'enduits assez étanches (mortier de ciment riche par exemple au lieu de mortier de chaux). C'est de là que provient la nécessité pour les murs de « respirer », solution affirmée par de nombreux techniciens, et sans doute souvent valable. Il s'ensuit donc qu'une certaine perméabilité à la vapeur d'eau est en général nécessaire.

Par contre lorsque les locaux sur lesquels donnent les parois sont très humides, la pénétration de la vapeur d'eau dans les murs est facilitée par la perméabilité à la vapeur : il se produit alors des condensations importantes et fréquentes, sinon continues, pendant l'hiver. Des dispositions adéquates de ventilation artificielle peuvent réduire ces inconvénients, mais elles ne les suppriment que si l'on prévoit au voisinage de la face interne des parois des « barrières de vapeur » (vapor barriers), imperméables à la vapeur d'eau (ou très peu perméables). La spécification des matériaux utilisables dans ce cas est évidemment très importante, et c'est sur ce point que notre étude peut également être utile.

6. Lois générales de la perméabilité aux gaz.

Nous nous bornerons ici à des généralités, l'essentiel du traitement physico-mathématique de cette question étant résumé en quatrième partie.

Sous l'influence des différences de pression entre faces d'une paroi, l'air — ou plus généralement tout gaz ou vapeur — est susceptible de traverser cette paroi. En l'absence même de différence de pression atmosphérique, intervient le phénomène de diffusion.

Par suite des valeurs très variables que peuvent avoir les différences de pression et la perméabilité, et par suite également de l'allure des phénomènes, il est commode de représenter les infiltrations en fonction des différences de pression dans un diagramme bilogarithmique. On donnera donc :

— En abscisse les pressions (en mm d'eau) en échelle logarithmique;

— En ordonnée le débit de fluide traversant la paroi (m^3/h) en échelle logarithmique également.

On obtient ainsi, en se ramenant par exemple au mètre carré de paroi à ce que nous appellerons la *courbe caractéristique de perméabilité* d'une paroi. On peut avoir de même, en se rapportant à un ensemble, une courbe caractéristique d'un local ou d'un bâtiment.

Selon les valeurs prises par les pressions, les diamètres des pores, ou les dimensions des fentes et fissures, on peut se trouver dans différentes zones d'écoulement des fluides, c'est-à-dire soit en régime laminaire, soit en régime turbulent.

Rappelons qu'en régime laminaire (loi de Poiseuille) la vitesse d'écoulement — et par suite la perméabilité — sont proportionnelles à la différence de pression, alors qu'en régime turbulent la vitesse d'écoulement et la perméabilité sont proportionnelles à la racine carrée de la différence de pression. Grâce à la disposition du diagramme des courbes caractéristiques (coordonnées bilogarithmiques), il est facile d'après la pente des courbes de se rendre compte si l'on est en régime laminaire ou en régime turbulent (fig. 1). Sur ces diagrammes, les écoulements laminaires correspondent à une pente de 45° ($\text{tg } 45^\circ = 1$) et les écoulements turbulents à une pente de 27° ($\text{tg } 27^\circ = 0,5$). En fait, on a souvent des courbes caractéristiques de pente comprise entre les deux limites précédentes. C'est d'ailleurs là une source de difficultés pour l'application des résultats obtenus pour l'air à d'autres gaz; nous verrons, toutefois, en quatrième partie que l'extension des résultats est, jusqu'à un certain point, parfaitement possible.

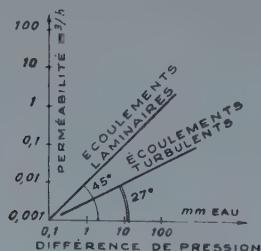


FIG. 1.

Diagramme pour le tracé des caractéristiques de perméabilité aux gaz.
Pentes correspondant aux différents régimes.

7. Lois générales de la perméabilité aux vapeurs.

Une autre difficulté se présente pour les vapeurs et ce qui est plus grave, c'est qu'il semble bien que cette difficulté ait été plus ou moins ignorée jusqu'ici dans les études de perméabilité à la vapeur d'eau. Cette difficulté est due à ce que, lorsque le fluide gazeux peut se condenser à une pression inférieure à la pression atmosphérique, il y a condensation dans les pores les plus fins des matériaux.

Il faut en effet souligner — ce qui est généralement ignoré — que la théorie usuelle des condensations est une théorie simplifiée. En effet si la vapeur d'eau, par exemple, se condense en atmosphère libre pour un degré hygrométrique de 100 %, elle se condense dans les parois poreuses pour des degrés hygrométriques inférieurs, par suite de la courbure des pores et des modifications de tension superficielle qui en résultent. Ces degrés hygrométriques de condensation dans les pores sont d'autant plus faibles que les pores sont plus fins. C'est ainsi que dans un béton normal on peut trouver 30 % des pores ayant un diamètre inférieur à 50 millionièmes de millimètre ($m\mu$); or les condensations se produisent dans de tels pores pour des degrés hygrométriques de 70 %. Dans ces pores, pour des degrés hygrométriques supérieurs à 70 % il y a un véritable blocage par l'eau liquide.

Mais le degré de blocage varie avec les matériaux, car la répartition des pores varie : si 30 % des pores ont un diamètre inférieur à $3 m\mu$ dans le béton, il n'y en a guère que 10 % dans la brique de bonne qualité. Il ne faut pas oublier en outre qu'interviennent, à partir du moment où l'eau se condense, des phénomènes de capillarité, de gravité, de thermoosmose, d'électroosmose, etc.

Finalement, le degré de blocage des pores dépendra de la température des parois et de l'humidité absolue, outre d'autres éléments physiques tels que potentiels électriques, températures, etc. et comme ce degré de blocage des pores conditionne très évidemment la perméabilité à la vapeur d'eau, on constate que cette perméabilité à la vapeur ne dépend pas seulement de la différence des pressions de vapeur sur les deux faces d'une paroi, mais aussi d'autres paramètres, tels que les degrés hygrométriques absous, la température, etc., paramètres influant différemment suivant les matériaux.

Ceci explique d'ailleurs les grands désaccords entre résultats expérimentaux de mesure de perméabilité à la vapeur d'eau et en particulier le fait que la perméabilité à la vapeur d'eau ne soit pas *expérimentalement* proportionnelle à la différence des pressions de vapeur. Aux États-Unis, où on s'est beaucoup préoccupé des mesures de perméabilité à la vapeur d'eau, mais où on n'a pas songé à la perturbation due au phénomène de blocage décrit ci-dessus, l'analyse insuffisante du problème a conduit divers auteurs à définir sept unités *differentes* de perméabilité à la vapeur d'eau (il existe même onze méthodes de mesure) qui ne sont pas en fin de compte réductibles les unes aux autres. C'est dire la difficulté d'exploitation des résultats expérimentaux sur la perméabilité à la vapeur d'eau, bien que ces résultats soient assez nombreux.

Outre différents accidents (cloquage des peintures ou des étanchéités non protégées), le phénomène de blocage explique qu'il faille tenir compte du degré hygrométrique dans les mesures de perméabilité à l'air des matériaux. Toutefois, on peut admettre qu'au-dessous d'un degré hygrométrique de 50 % le blocage est généralement suffisamment faible pour ne pas introduire d'erreur appréciable dans les mesures de perméabilité aux gaz et aux vapeurs.

Il est bien évident que le blocage n'intervient pas lorsqu'il s'agit de la perméabilité des fentes (portes, fenêtres, joints secs), mais lorsque l'on est en présence d'éléments pouvant présenter des phénomènes de retrait ou de gonflement (bois surtout : par exemple dans les fenêtres en bois) le degré hygrométrique peut jouer un rôle important, quelle que soit sa valeur absolue, dans la perméabilité à l'air et aux gaz.

8. Mesures de perméabilité.

Notre critique précédente montre la difficulté des mesures de perméabilité aux vapeurs. Nous reverrons ce point en troisième partie.

Pour ce qui concerne la perméabilité à l'air (ou aux gaz), il n'existe pratiquement qu'un seul principe de mesure dont les modalités d'application sont voisines dans les différents pays. C'est celui décrit par BLANC dans les *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, de novembre 1951 (n° 217, p. 7 sq). Le lecteur qui souhaiterait étudier cette question devrait se reporter à presque toutes les publications signalées en annexe bibliographique, chacune ayant son dispositif de mesure.

Ainsi que nous l'avons dit au cours du paragraphe 4, il devient de plus en plus nécessaire de contrôler l'étanchéité des parois de bâtiments, et il est certain que l'unification de méthodes type de mesures thermiques entreprise par la Réunion Internationale des Laboratoires pourra être heureusement complétée par la spécification d'une méthode de mesure de perméabilité à l'air, suggestion que le R. I. L. E. M. a d'ailleurs retenue à sa dernière session.

DEUXIÈME PARTIE

PERMÉABILITÉ A L'AIR

(Voir annexe bibliographique, p. 829.)

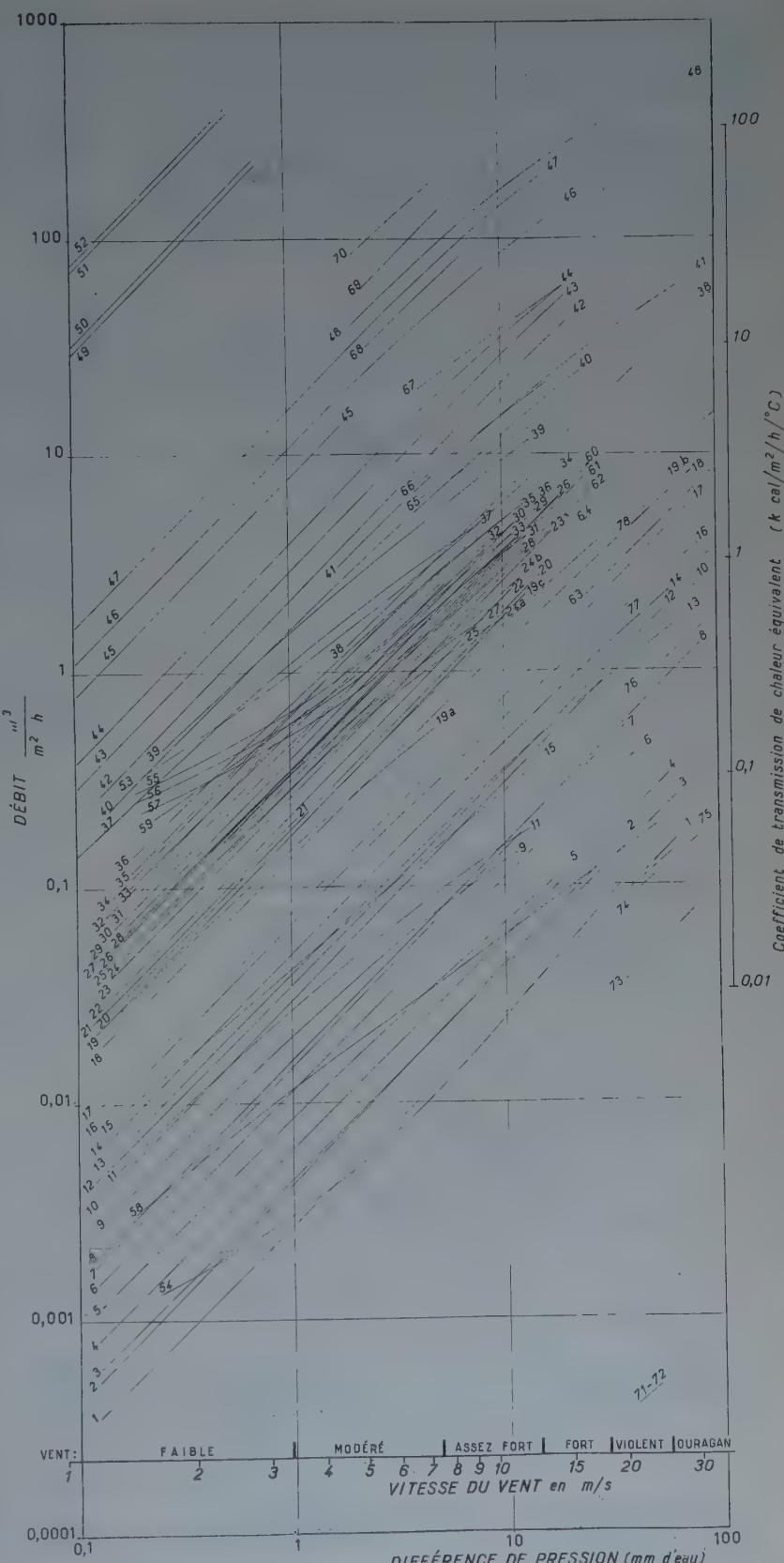
9. Perméabilité à l'air des matériaux.

Les caractéristiques de perméabilité d'un certain nombre de matériaux ont été reportées à la figure 2, chaque courbe correspondant à un matériau dont la nature est spécifiée par le tableau I, p. 830.

Les courbes 53 à 59 paraissent assez suspectes, et il est fort possible qu'elles comportent une erreur systématique qui paraît être due à la non-étanchéité du caisson de mesure.

Pour la majorité des matériaux, il y a une assez grande diversité des résultats suivant les échantillons et de ce fait la perméabilité

FIG. 2. — Caractéristiques de perméabilité d'un certain nombre de matériaux.



à l'air ne peut être donnée pour un matériau qu'avec une assez large imprécision. Il est bon toutefois de noter que dans une série homogène, telle que les pierres calcaires, la perméabilité à l'air est un indice de qualité certain, nettement lié à la perméabilité à l'eau (fig. 3).

On remarquera que très souvent dans la figure 2 et le tableau I, page 830, il s'agit de structures hétérogènes, plus que de matériaux proprement dits. La perméabilité d'un mur en brique par exemple dépend beaucoup plus des joints et des enduits que de la brique elle-même (fig. 4).

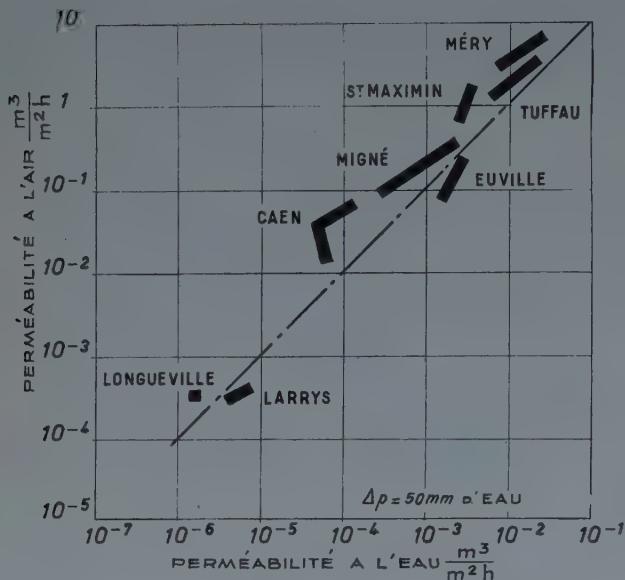


FIG. 3.

Corrélation entre perméabilité à l'air et perméabilité à l'eau des pierres calcaires.

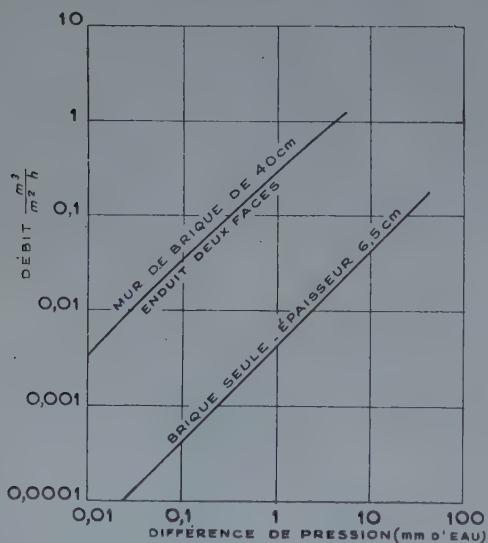


FIG. 4.

Différence entre les caractéristiques de perméabilité de la brique seule et d'un mur de brique.

Le rôle des joints — sauf cas de fissure — ne doit cependant pas être surestimé. C'est d'ailleurs beaucoup plus l'adhérence ou le retrait qui importent — c'est-à-dire souvent la qualité de mise en œuvre — que la nature même du joint. Alors qu'un mortier de chaux est plus perméable qu'un mortier de ciment, un mur à joints de mortier de ciment d'exécution médiocre est nettement plus perméable qu'un mur à joints de mortier de chaux (fig. 5). Mais les différences restent faibles et c'est pourquoi nous disons que le rôle du joint ne doit pas être surestimé (voir également les courbes IV et V de la figure 6).

Le rôle des enduits est nettement plus important. Nous avons tenté d'en distinguer les divers paramètres sur la figure 6. Le passage de la courbe IV à la courbe II montre l'influence prépondérante de l'enduit intérieur en plâtre. Il est beaucoup plus difficile d'obtenir un bon résultat avec la peinture : courbes VI et VII (une ou deux couches), sauf avec de nombreuses couches (courbe I : six couches).

Nous avons enfin essayé de dégager l'influence du séchage des enduits et des joints par la famille de courbes III : cette influence paraît faible. En conclusion, on notera la forte perméabilité d'un mur en brique sans enduit intérieur, ou avec quelques couches de peinture. Il serait sans doute important de préciser la nature de la peinture, mais cela n'a pas été possible d'après les documents à notre disposition.

Nous donnerons quelques indications complémentaires sur l'influence du dosage et de la granulométrie pour la perméabilité à l'air des bétons. Ce matériau est d'ailleurs extrêmement peu perméable, en l'absence de fissure, et la perméabilité n'est mesurable que sous des pressions

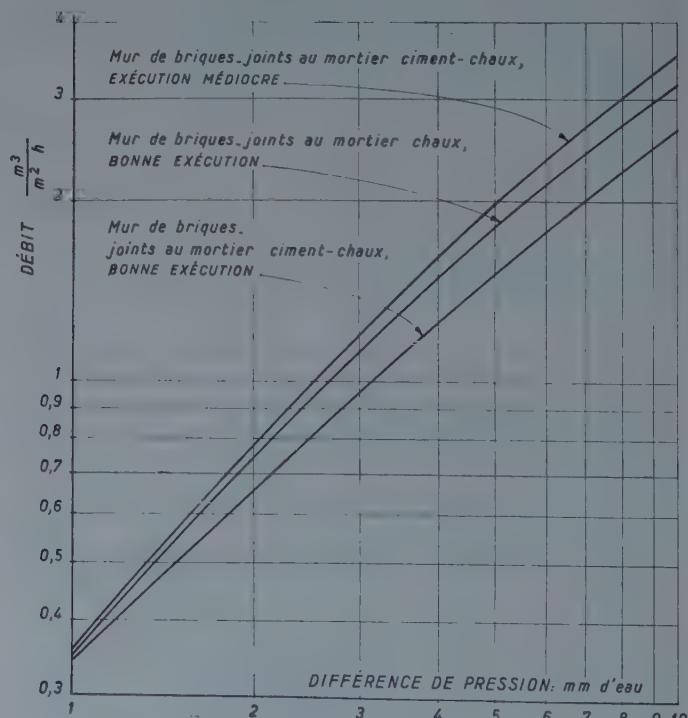


FIG. 5.

Influence de la nature et de l'exécution des joints sur la perméabilité d'un mur de brique.

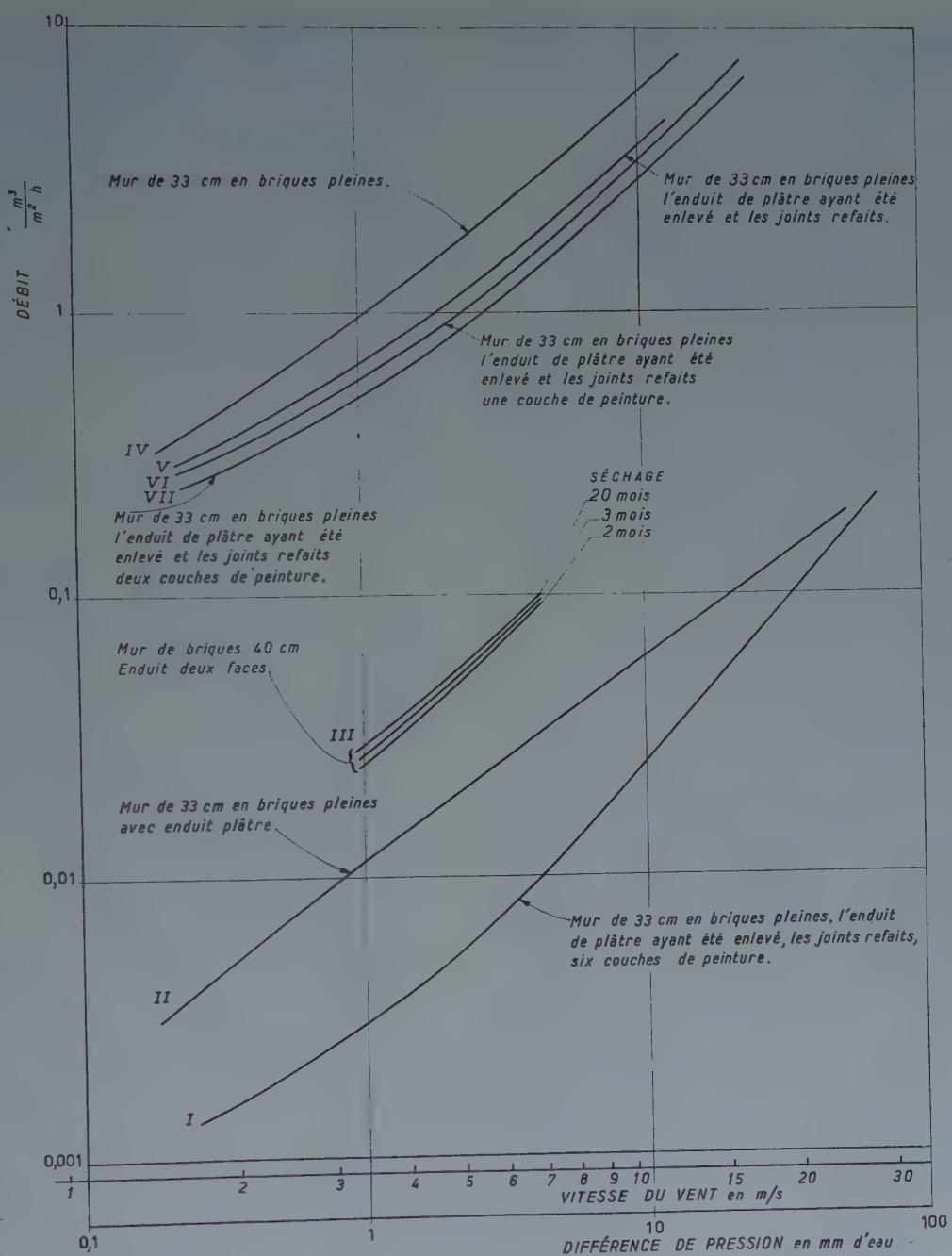


FIG. 6. — Influence des enduits sur la perméabilité d'un mur de brique.

élevées (5 m d'eau). Les résultats sont donnés dans le tableau II page 832 qui ne vaut malheureusement que pour un béton à fort degré de blocage (béton de sept jours).

On remarquera que la figure 2 indique des perméabilités à l'air excessivement fortes pour de nombreux isolants. Cela prouve l'intérêt de placer ces matériaux en « sandwich » entre plaques peu perméables à l'air. Toutefois, comme du point de vue thermique, et surtout du point

de vue acoustique, il peut être intéressant de connaître mieux cette perméabilité à l'air des isolants thermiques, nous allons donner quelques détails complémentaires à ce sujet.

Les conclusions essentielles des études de perméabilité sont les suivantes :

1^o Dans le cas de fibragliss, la perméabilité ne dépend pratiquement pas de l'épaisseur (pour des épaisseurs de 1

à 5 cm), mais seulement de la densité du panneau (fig. 7); ce résultat semble démontrer, pour ce matériau, un rôle prépondérant de la structure superficielle (ne pas oublier qu'il s'agit de panneaux comprimés).

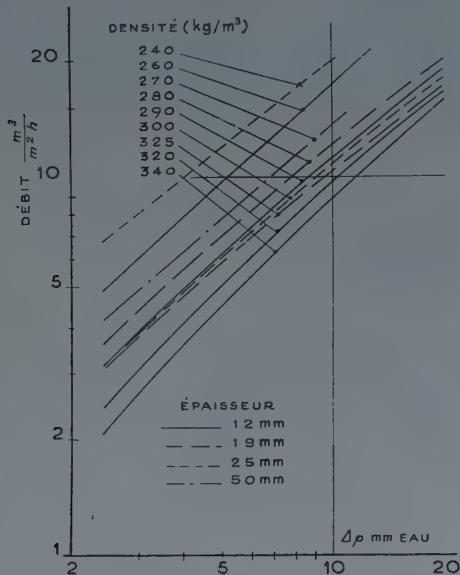


FIG. 7. — Influence de l'épaisseur et de la densité des fibragglos sur leur perméabilité à l'air.

2^e Dans le cas de matériaux fibreux en vrac (laines minérales) la perméabilité dépend à la fois de l'épaisseur et de la densité, mais l'influence de l'épaisseur peut être prise en compte par le gradient de pression, c'est-à-dire que la perméabilité est inversement proportionnelle à l'épaisseur et qu'on prendra en abscisse du diagramme de perméabilité la dépression en millimètres d'eau par centimètre d'épaisseur. On obtient ainsi les résultats des figures 8 et 9 (pour des épaisseurs entre 2 et 10 cm). Il s'est avéré

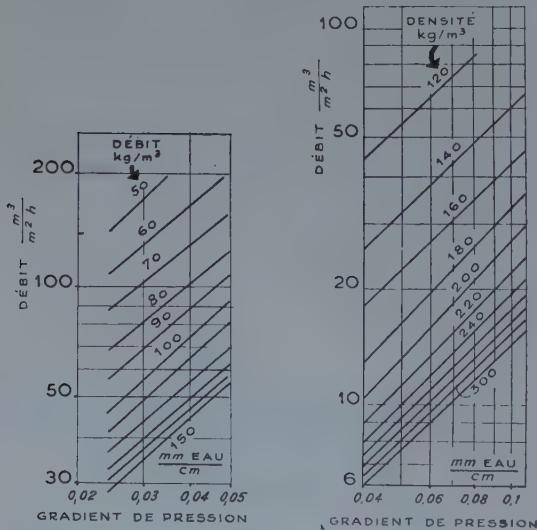


FIG. 8 et 9. — Influence de la densité de la laine de verre et de la laine de roche.

que les éléments non fibreux jouaient un rôle important, d'autant plus gênant que leur proportion est très variable suivant les échantillons. Le pourcentage relativement élevé de ces éléments parasites dans les échantillons de laine de roche soumis aux essais explique sans doute pourquoi la laine de roche est, dans nos diagrammes, plus perméable que la laine de verre; car il y a peu de différence de perméabilité à travers les matériaux totalement fibreux pourvu que la densité soit la même. Il faut noter également que la perméabilité dans le sens des fibres est nettement plus élevée que dans le sens perpendiculaire aux fibres.

3^e En ce qui concerne les matériaux pulvérulents ou les copeaux, la forme des éléments joue un rôle essentiel, et — même sur une catégorie telle que celle des matériaux à base de bois — la perméabilité ne dépend pas seulement de la densité, ainsi que le montre la figure 10.

10. Perméabilité à l'air des structures fixes ⁽¹⁾.

Certaines structures pleines étant déjà très perméables à l'air, il faut évidemment se méfier des structures à

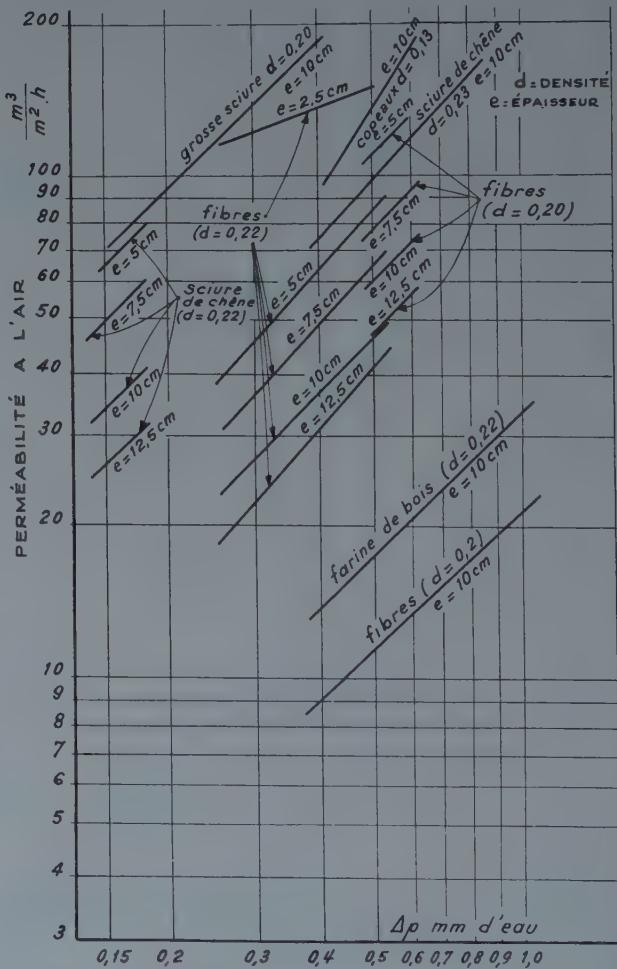


FIG. 10. — Influence de la densité et de la structure sur la perméabilité des matériaux à base de bois.

(1) Voir annexe bibliographique, p. 829.

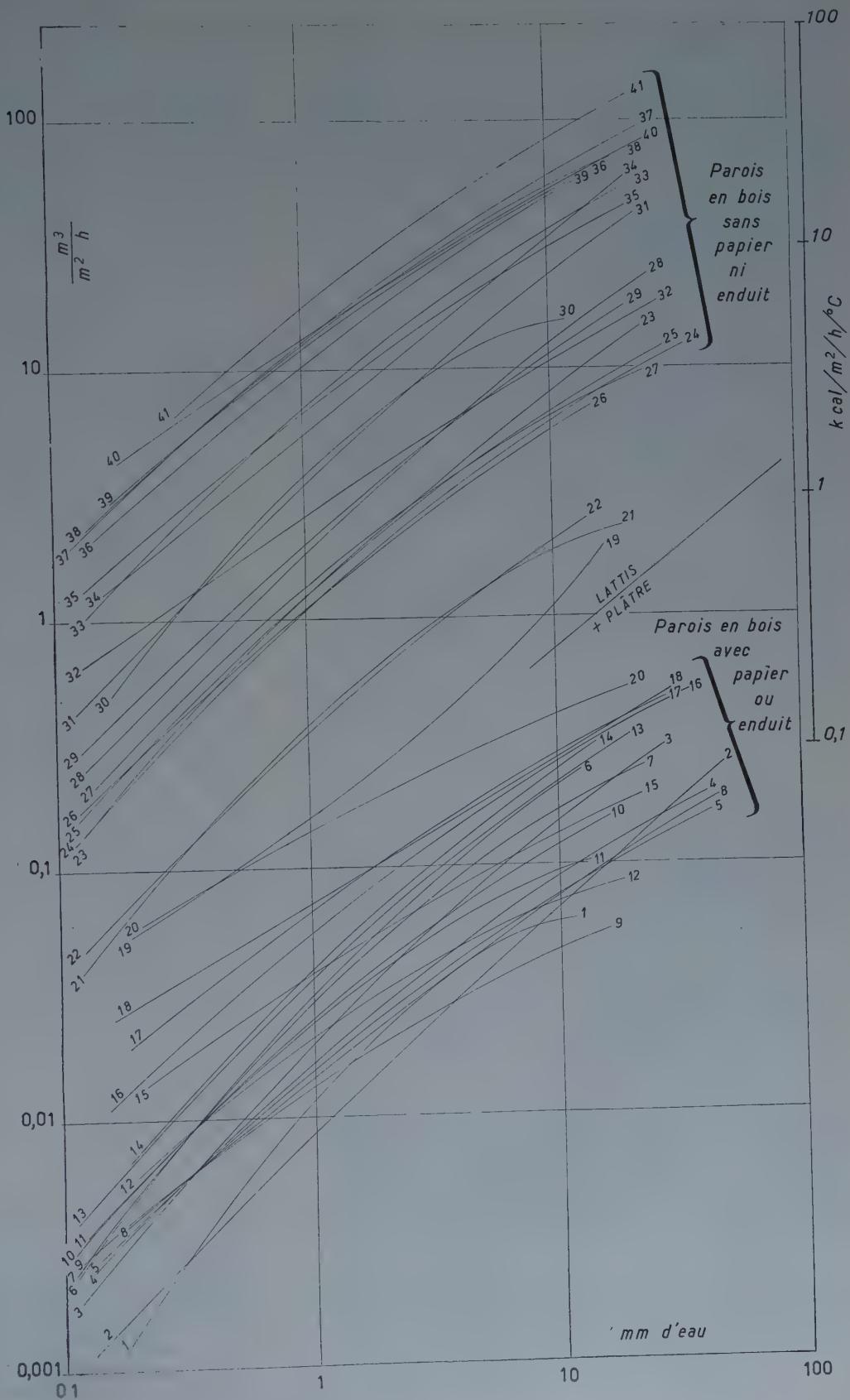


FIG. 11.
Caractéristiques de perméabilité
de parois en bois (tableau III).

joints secs, qui exigent, pour être satisfaisantes des dispositions particulières de calfeutrement.

Un type de construction classique à joints secs est la construction en bois pour laquelle nous donnerons ci-dessous quelques détails. Nous voudrions faire remarquer auparavant que le problème de la perméabilité à l'air présente également une grande importance pour d'autres systèmes, pour lesquels nous ne disposons malheureusement actuellement de presque aucun résultat : les murs en agglomérés sans joints coulés ou plastiques, les murs en panneaux préfabriqués, assemblés à sec, qui se développent beaucoup actuellement, et pour lesquels on ne prend généralement pas assez de précautions.

Il n'est pas rare que pour certains joints, le calfeutrement n'existe pas ; or, s'il s'agit de panneaux en béton ou métalliques, de tels défauts peuvent être extrêmement nuisibles à l'isolation thermique, surtout dans les conditions fréquentes en architecture moderne des bâtiments élevés et dégagés. Le contrôle de perméabilité des structures à joints secs est parfaitement possible, et il est actuellement facile de spécifier des perméabilités limites au mètre carré de paroi, par exemple $0,3 \text{ m}^3$ par mètre carré et par heure pour une dépression de 1 mm d'eau, qui introduit une perte d'isolation thermique généralement négligeable.

En ce qui concerne la construction en bois, les éléments que nous avons pu recueillir sont réunis figure 11 pour des parois dont les caractéristiques sont données par le tableau III, page 832. On constatera facilement sur la figure 11, en dehors de quelques courbes intermédiaires plus ou moins douteuses, qu'on peut distinguer deux groupes très nets :

— Les parois contenant des feuillets étanches (couches de papier, enduit) qui assurent une certaine imperméabilité ;

— Les parois ne comportant pas ces feuillets, qui sont très perméables à l'air.

Le rapport des perméabilités moyennes des deux groupes est de l'ordre de 100 ; alors que la perméabilité du premier groupe est acceptable, celle du deuxième groupe est inacceptable. Il nous paraît d'ailleurs très probable que la perméabilité des structures en bois normales, est la source de la défaveur injuste que les parois en bois rencontrent en France.

Pour mettre en évidence le rôle du feuillet étanche, nous avons regroupé figure 12 les résultats pour une paroi en planches bouvetées, avec ou sans papier ou enduit dans la paroi. Cette figure montre avec netteté l'influence de la couche de calfeutrement.

La perméabilité des structures fixes est particulièrement importante pour certaines toitures en pente : ardoises et tuiles en particulier. On dispose de peu de renseignements sur cette question, mais le rôle du voligeage paraît assez important, et il peut être intéressant de tenir compte à ce propos des résultats donnés précédemment pour les structures en bois. La seule étude spécifiquement consacrée aux toitures est résumée par les courbes de la figure 13.

Pour toutes les structures que nous venons d'envisager, les infiltrations sont dues à des fentes, et il serait évidemment intéressant de rechercher l'influence des différents paramètres géométriques sur la perméabilité des fentes. Nous examinerons ce point, qui intéresse également les structures ouvrantes, au cours de la troisième partie.

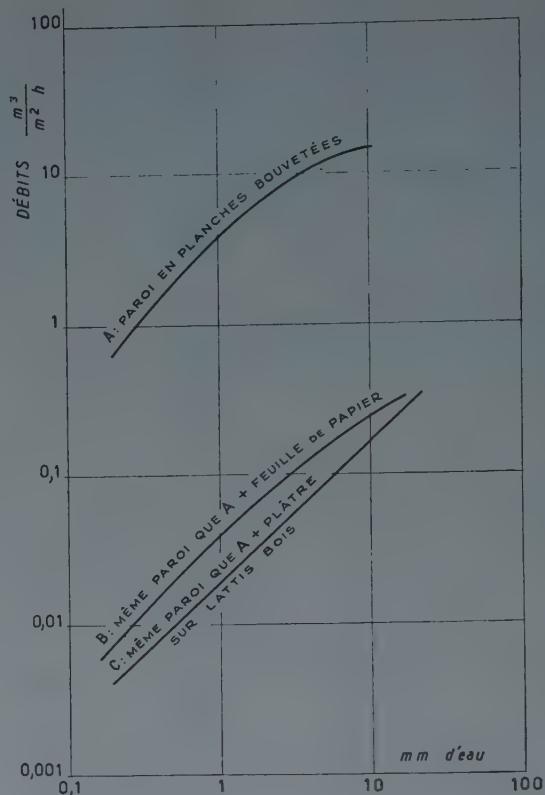


FIG. 12. — Influence des calfeutrements sur la perméabilité des parois en bois.

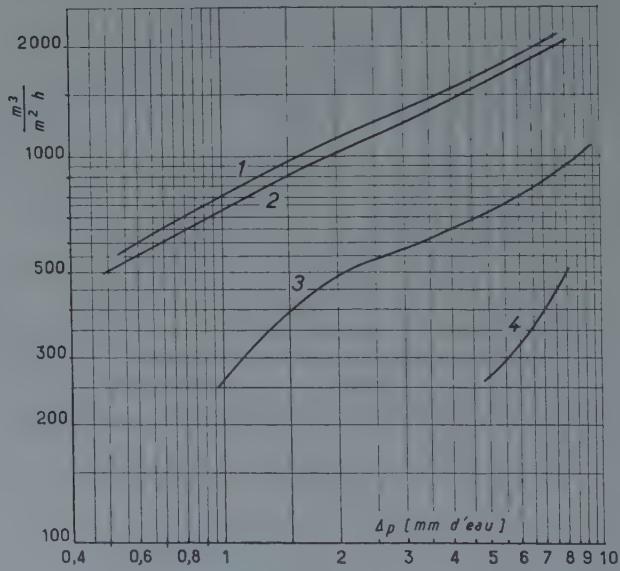


FIG. 13. — Caractéristiques de perméabilité de différents types de toitures, d'après SETTELE.

- 1 : tuiles flamandes;
- 2 : tuiles à onglet;
- 3 : tuiles plates à crochet;
- 4 : ardoises ou tuiles sur bon voligeage.

11. Perméabilité des structures mobiles (1).

Les structures mobiles qui ont fait l'objet d'essais sont uniquement des fenêtres.

Une quantité considérable d'études a été consacrée à ces éléments et nous avons classé tous les résultats que nous avons pu obtenir de la manière suivante (chaque courbe correspondant en général à une moyenne sur plusieurs échantillons du même type de fenêtre) :

- a) Simples fenêtres en bois, ouvrantes (fig. 14);
- b) Simples fenêtres en bois, coulissantes (fig. 15);
- c) Simples fenêtres en acier (fig. 16);
- d) Doubles fenêtres en bois ou acier (fig. 17).

L'examen des perméabilités, pour une différence de pression de 1 mm d'eau, révèle une classification assez systématique des fenêtres : tableau ci-dessous.

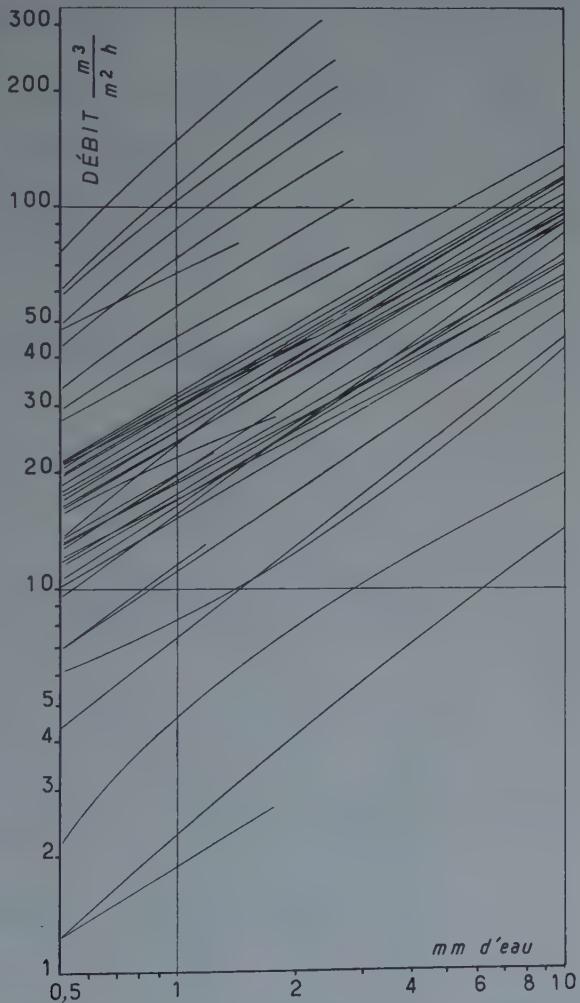


FIG. 14. — Caractéristiques de perméabilité des simples fenêtres en bois ouvrantes.

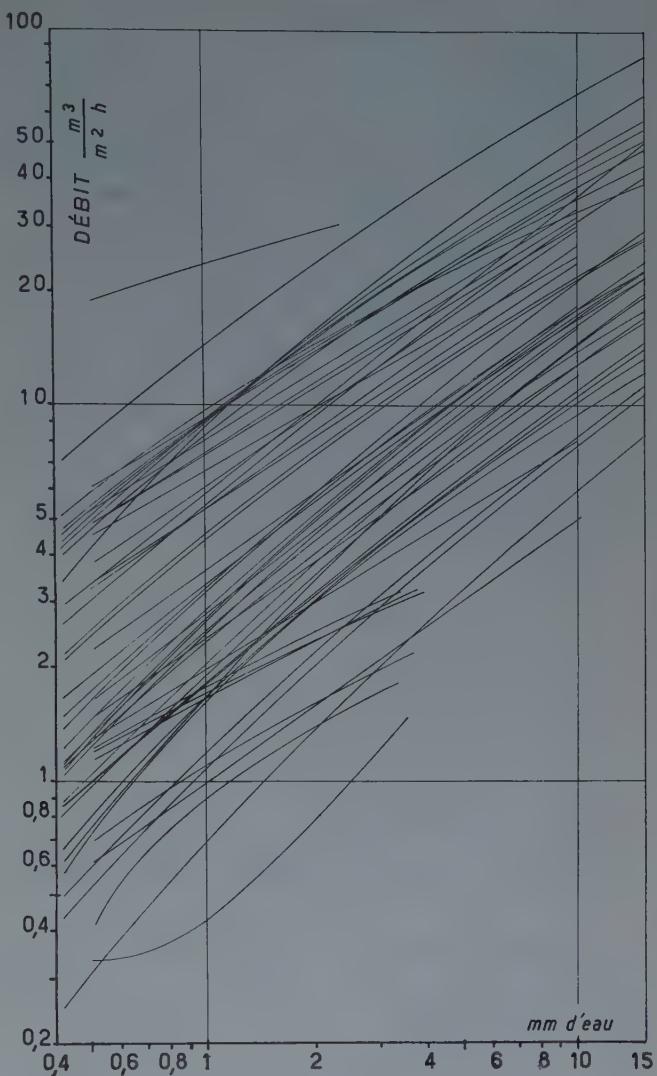


FIG. 15. — Caractéristiques de perméabilité des simples fenêtres en bois coulissantes.

PERMÉABILITÉ : (m³/m²h)	1 à 3 A	3 à 10 B	10 à 30 C	30 à 100 D
Simples fenêtres bois ouvrantes.....		Rare.	Fréquent.	Rare.
Simples fenêtres acier coulissantes.....			Fréquent.	
Doubles fenêtres bois ouvrantes.....		Fréquent.	Fréquent.	
Simples fenêtres bois coulissantes	Fréquent.	Fréquent.		
Simples fenêtres acier ouvrantes.....	Fréquent.	Fréquent.		
Doubles fenêtres acier	Fréquent.			

(1) Voir annexe bibliographique, p. 829.

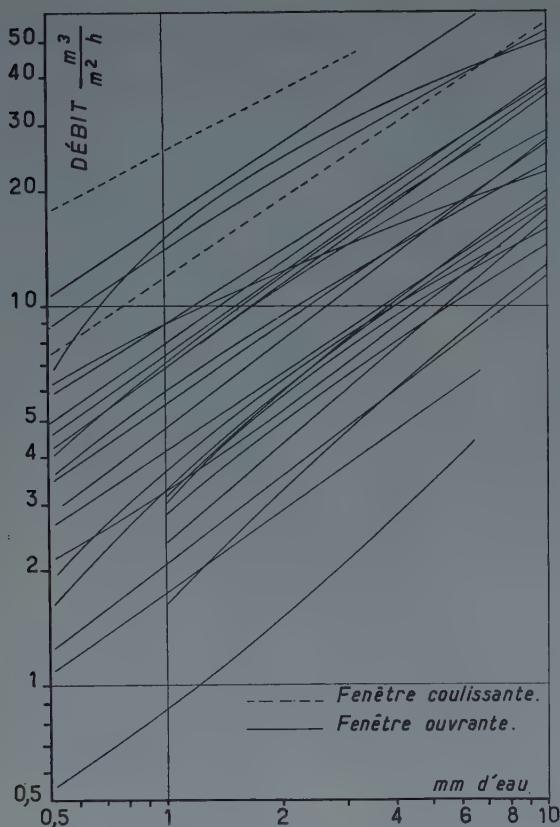


FIG. 16. — Caractéristiques de perméabilité des simples fenêtres en acier.

Pour utiliser ce tableau, il est absolument essentiel de noter :

a) Que les résultats ne portent sur à peu près aucune menuiserie française;

b) Que les fenêtres en acier dont il s'agit sont des fenêtres à profilés spéciaux, les profilés du commerce donnant des perméabilités environ dix fois plus élevées (soit 10 à 100 m³ par mètre carré et par heure), d'après quelques indications allemandes que nous avons pu recueillir sur ce sujet.

La figure 18 montre que l'influence de la peinture et de l'usure est assez faible, bien qu'à proprement parler non négligeable.

D'une manière générale, les résultats d'essais obtenus en France donnent des perméabilités égales ou supérieures à celles portées dans le tableau de la page précédente, mais l'insuffisance actuelle des essais sur constructions françaises ne permet pas de donner une valeur générale à ce résultat.

Deux questions de principe se posent à propos de la perméabilité à l'air des fenêtres :

1^o La perméabilité à l'air dépend-elle du sens des pressions, c'est-à-dire est-elle différente si la surpression est à l'intérieur ou à l'extérieur ?

2^o Ne serait-il pas plus normal de spécifier les perméabilités au mètre de joint de menuiserie, plutôt qu'au mètre carré de châssis ?

A ces deux questions l'exploitation que nous avons

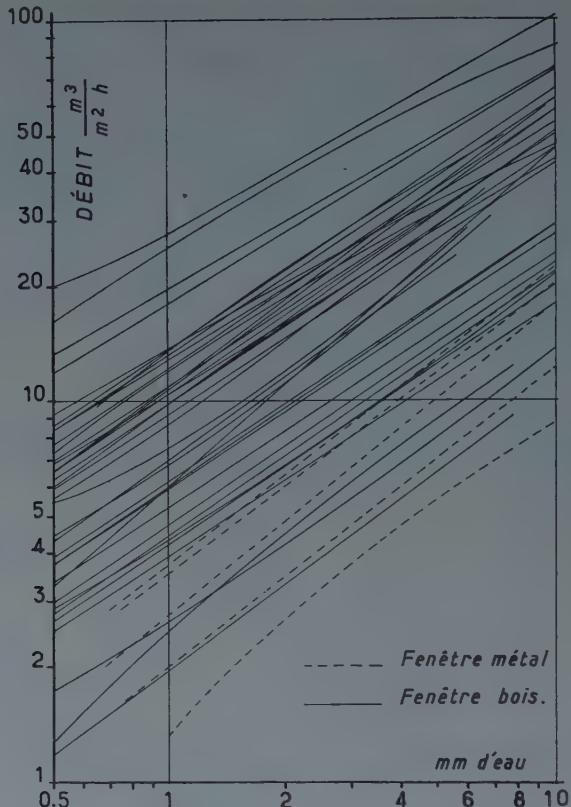
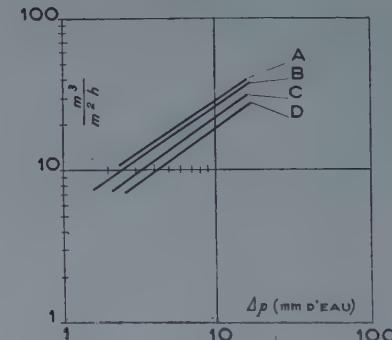


FIG. 17. — Caractéristiques de perméabilité des doubles fenêtres en bois et en acier.



- A. Neuve (sans peinture ou avec une couche de peinture);
- B. Neuve (avec deux couches de peinture);
- C. Avec une couche de peinture et après deux mois d'utilisation;
- D. Neuve (avec trois couches de peinture).

FIG. 18. — Influence de la peinture et de l'usure sur la perméabilité des fenêtres en bois.

faite des essais hollandais de VAN GUNST permet de répondre :

— Il n'y a pas en moyenne de différence significative entre la perméabilité avec dépression à l'extérieur ou avec dépression à l'intérieur, sauf cas de fenêtres très particulières;

Il n'y a pas d'intérêt à spécifier la perméabilité au mètre de joint, plutôt qu'au mètre carré et cette dernière méthode étant la plus commode pour les applications, nous l'avons finalement préférée. La justification résulte d'un examen statistique dont nous allons donner les éléments car ils intéressent d'autres conclusions que l'application ci-dessus.

Pour des fenêtres hollandaises de neuf types différents⁽¹⁾ — et de vingt et un types si l'on différencie non seulement les profils, mais également les surfaces — nous avons calculé pour chaque série la perméabilité moyenne, et rapporté la perméabilité de chaque échantillon à la perméabilité moyenne, soit par mètre de joint, soit par mètre carré de châssis. Le résultat obtenu est représenté figure 19. Le calcul statistique prouve que pour la perméabilité relative au mètre de joint l'écart-type est de 0,39 — et pour la perméabilité relative au mètre carré de châssis de 0,40. Une si faible différence de variance (non significative d'ailleurs) justifie notre position qui consiste à recourir à la solution la plus commode pour les applications. On peut d'ailleurs démontrer que des hypothèses normales conduisent à conclure que la perméabilité est proportionnelle à la surface de fenêtre, et non à la longueur de fente.

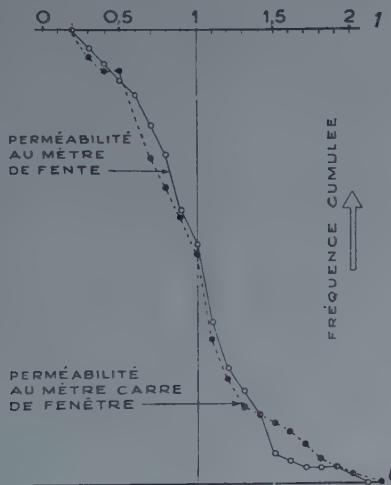


FIG. 19. — Distribution statistique des perméabilités de fenêtres dans les séries hollandaises rapportées au mètre carré de fenêtre ou au mètre de fente.

Les courbes de la figure 19 sont assez importantes pour déterminer la précision des spécifications, et le nombre d'essais à prévoir pour déterminer le nombre d'échantillons à utiliser. Ce point sera développé ultérieurement.

Il ne nous est pas possible de donner ici toutes les caractéristiques géométriques et structurales des fenêtres correspondant aux figures 14 à 17, mais le Comité Scientifique et Technique de l'Industrie de Chauffage et de la Ventilation se tient à la disposition des techniciens que ces questions intéresseraient

⁽¹⁾ Ces types sont les types nos 2, 4, 11, 6, 7, 8, 10, 15, 16, des essais hollandais : fenêtres en bois doubles ou simples.

pour fournir éventuellement des reproductions des études qui nous ont servi de base. L'ensemble constitue une documentation extrêmement importante, peu homogène d'ailleurs, car il manque souvent des caractéristiques importantes. On verra en troisième partie qu'il est possible, grâce à des résultats de caractère plus analytique de pousser plus loin les conclusions pratiques sur la perméabilité des fenêtres que nous ne le faisons ici.

Un point particulier a toutefois été examiné directement sur les résultats expérimentaux : il concerne l'efficacité des calfeutrements. Cela est d'autant plus nécessaire qu'il est proposé en France un grand nombre de dispositifs différents, dont les prétentions publicitaires paraissent d'ailleurs très exagérées. Nous avons d'abord regroupé tous les résultats en notre possession sur les fenêtres calfeutrées. Les caractéristiques de perméabilité ainsi obtenues ont été reportées dans la figure 20. Une indication générale se dégage de cet ensemble, c'est que la perméabilité ainsi obtenue est dans l'ensemble celle du groupe A du tableau de la page 819 plus exactement la perméabilité, pour une dépression de 1 mm d'eau, est de 0,9 à 4 m³ par mètre carré et par heure, sauf pour un calfeutrement spécial en liège qui donne une perméabilité remarquablement faible. Un résultat plus surprenant es+

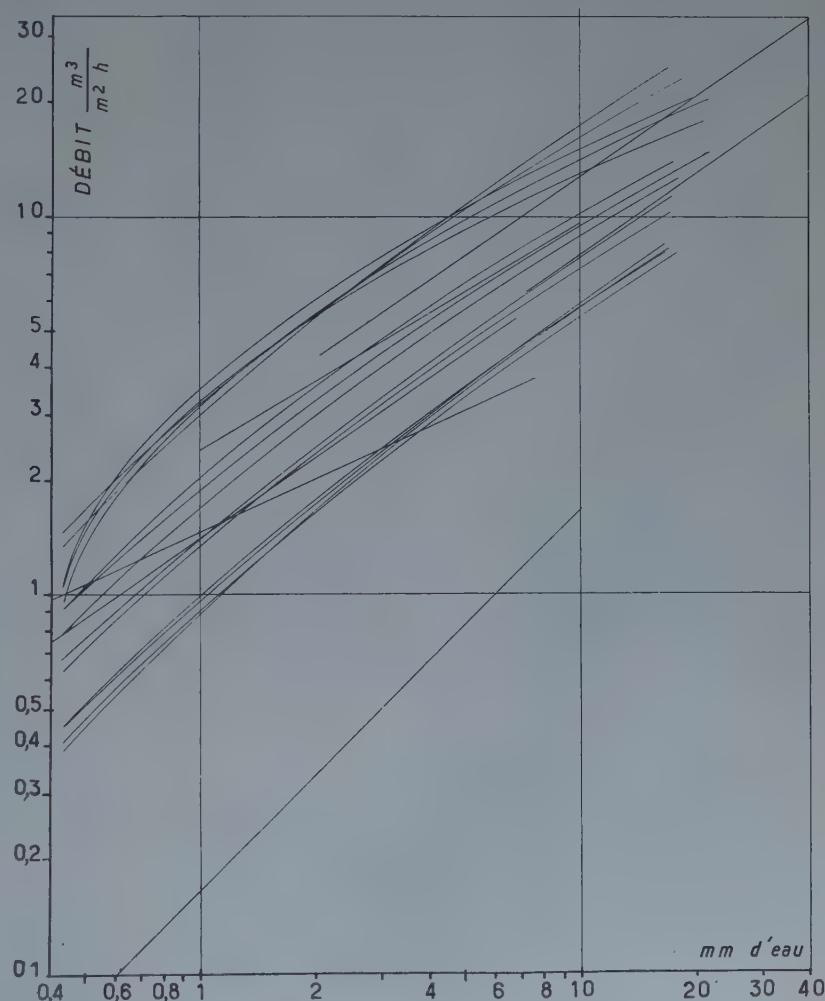


FIG. 20. — Caractéristiques de perméabilité de fenêtres calfeutrées.

celui que représente la figure 21, qui indique la réduction de perméabilité obtenue par divers calfeutrements sur différents types de fenêtres par des chercheurs totalement indépendants — et qui semblent même s'être complètement ignorés les uns les autres. Il est remarquable que la perméabilité de la fenêtre non calfeutrée soit toujours comprise, sauf cas d'essais américains douteux, entre trois et quatre fois celle de la fenêtre calfeutrée : on peut donc dire que l'efficacité des calfeutrements est de l'ordre de 3 à 4, du moins d'après les résultats expérimentaux actuels, ce qui prouve :

- a) Que la perméabilité d'une fenêtre calfeutrée dépend de celle de la fenêtre non calfeutrée;
- b) Que l'efficacité des calfeutrements est limitée.

En d'autres termes, il est probable que, même après

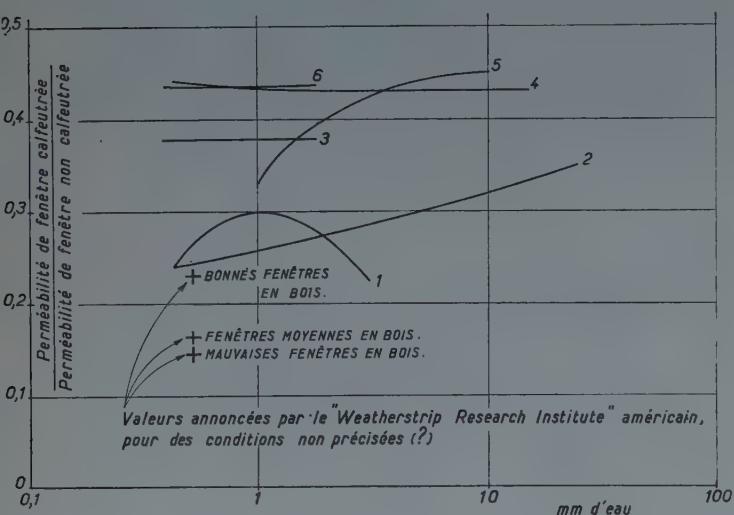


FIG. 21.
Influence du calfeutrement sur la perméabilité des fenêtres.

calfeutrement, une fenêtre de très mauvaise qualité restera de mauvaise qualité.

L'exploitation de tous ces résultats doit s'étendre à la détermination des conditions d'essai, des cadres de spécification, et éventuellement à la fixation de clauses d'attributions de labels de qualité. Ces points feront l'objet de publications ultérieures, lorsque les professionnels intéressés auront pu discuter plus complètement de cette question.

12. Perméabilité à l'air des bâtiments⁽¹⁾.

La perméabilité à l'air d'un bâtiment résulte évidemment de la perméabilité à l'air de chacun de ses éléments, mais il n'existe pas jusqu'à une date récente de mesures expérimentales directes sur la perméabilité des bâtiments ; il existait seulement des mesures globales de renouvellement d'air dont l'exploitation pour la présente étude est assez difficile. En 1948, des mesures ont été faites en Allemagne sur des bâtiments « préfabriqués » dont les

caractéristiques sont données par le tableau IV, page 834. Les caractéristiques de perméabilité obtenues sont indiquées dans la figure 22. Cette figure est intéressante, en ce qu'elle confirme l'assez grande variabilité de cette perméabilité à l'air que l'on considère trop souvent comme assez peu variable suivant les bâtiments. Cette dispersion est encore plus accusée si l'on rapporte les perméabilités au volume du local (fig. 23) : pour une dépression de 1 mm, le renouvellement d'air varie de 1,2 à 15 $\frac{\text{Vol}}{\text{h}}$

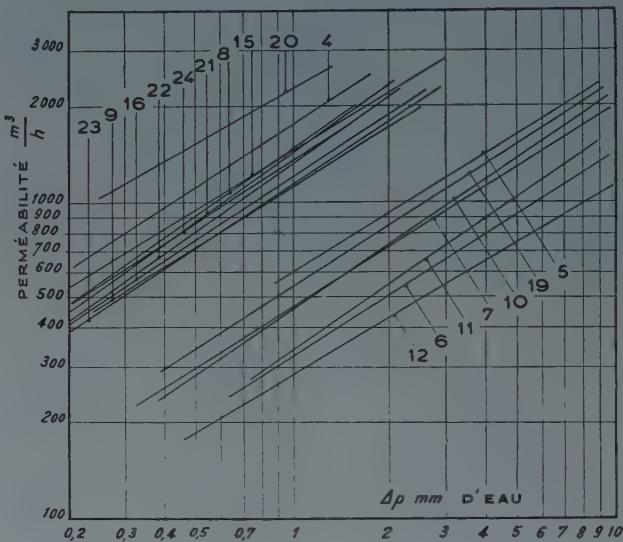


FIG. 22.
Caractéristiques de perméabilité de bâtiments préfabriqués allemands.

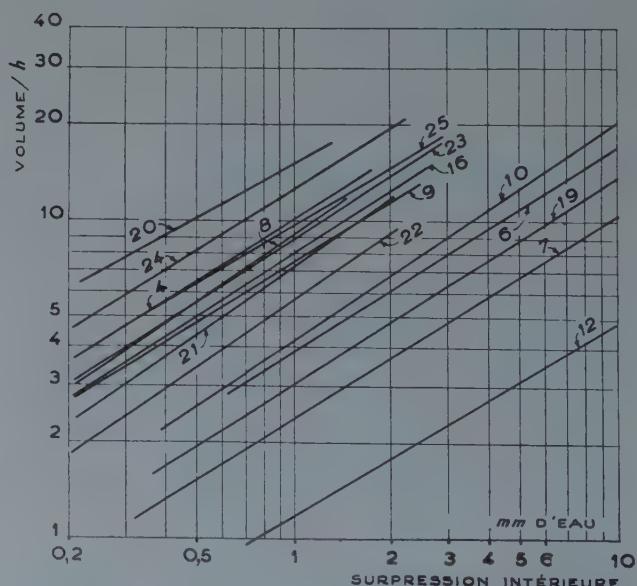


FIG. 23.
Caractéristiques de perméabilité de bâtiments préfabriqués par rapport au volume de bâtiment.

(1) Voir annexe bibliographique, p. 830.

Nous donnons ici ces résultats pour montrer surtout l'importance du problème car, si les études analytiques des parois confirment la possibilité de perméabilités élevées, certains techniciens étaient jusqu'ici restés assez sceptiques. Les essais allemands confirment pleinement nos études analytiques et montrent qu'il y a des précautions à prendre — en particulier pour les installations de chauffage — contre les bâtiments très perméables à l'air.

La figure 20 laisse apparaître deux groupes de bâtiments, mais la figure 21 — beaucoup plus valable puisque réduite au mètre cube habité — fait disparaître cette distinction. En fait, la corrélation est très bonne entre la surface de fente ramenée au mètre cube habité et le renouvellement d'air sous une pression donnée (fig. 24).

On a sensiblement :

$$R = (2V + \sigma) \Delta P^{2/3}$$

où R représente le renouvellement d'air (en m^3/h) pour une dépression ΔP (en mm d'eau), d'une maison de volume V (en m^3) de section apparente de fentes σ (en cm^2). Cette formule peut être éventuellement utile pour estimer des ordres de grandeur. En site moyennement dégagé, on peut prendre $\Delta P = 1$.

TROISIÈME PARTIE

PERMÉABILITÉ A LA VAPEUR D'EAU ET AUTRES GAZ

13. Perméabilité à la vapeur d'eau.

Nous rappelons que l'air peut contenir à la pression normale une quantité maximum de vapeur d'eau appelée teneur en humidité de saturation qui correspond à une pression maximum de vapeur d'eau qui est la pression de saturation. Le degré hygrométrique est défini comme le rapport de la pression de vapeur réelle à la pression de saturation en atmosphère libre. Comme la pression de saturation dépend de la température, la teneur en humidité pour un certain degré hygrométrique varie avec la température — ou inversement le degré hygrométrique, pour une certaine teneur en humidité, varie avec la température. Le tableau V, page 835 indique les caractéristiques de saturation (g de vapeur d'eau par m^3 d'air sec et pression de vapeur d'eau). Le degré hygrométrique ϕ est égal à :

$$\phi = \frac{\gamma}{\gamma_s} = \frac{p}{p_s}$$

où γ et p indiquent la teneur en humidité et la pression réelle de vapeur d'eau, et γ_s et p_s la teneur en humidité et la pression réelle de vapeur d'eau à la saturation pour la température et la pression totale considérées (γ_s et p_s sont donnés par le tableau V, page 835).

La condensation, c'est-à-dire la transformation de vapeur d'eau en eau liquide, se produit en atmosphère libre pour un degré hygrométrique de 100 %, mais elle se produit en atmosphère capillaire (dans les pores d'un matériau) pour des degrés hygrométriques variables avec la dimension du pore. Les degrés hygrométriques de condensation sont donnés en fonction du rayon de pore par la figure 25. C'est ainsi par exemple qu'à 20°, dans un pore de 20 μ de diamètre, la condensation se produit

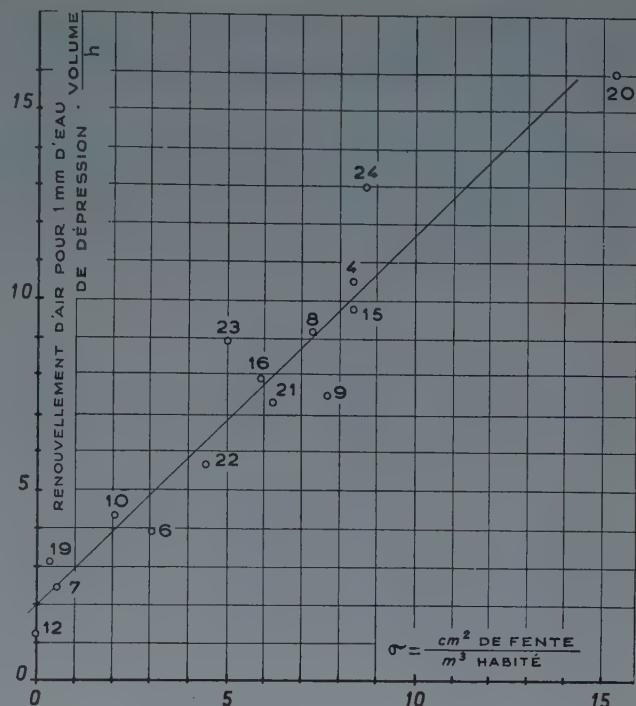


FIG. 24. — Corrélation entre la section apparente des fentes et le renouvellement d'air.

pour un degré hygrométrique de 90 %. Les pores de diamètre inférieur ou égal à 20 μ sont donc remplis d'eau pour un degré hygrométrique de 90 %. Or le nombre de ces pores dépend de la structure du matériau,

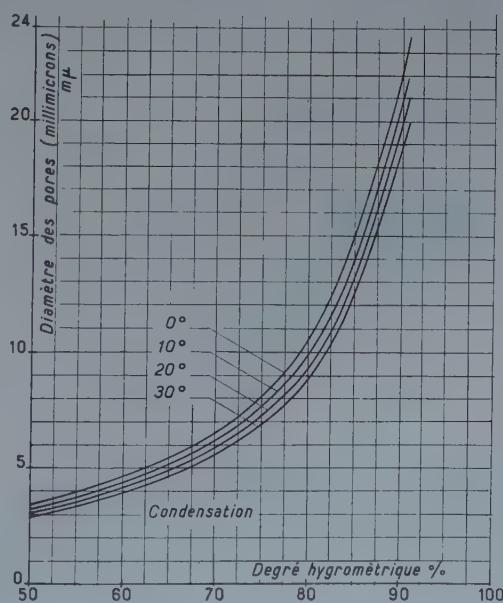


FIG. 25. — Degré hygrométrique de condensation en fonction du diamètre des pores.

et il varie en fonction du volume des pores de 30 % environ pour le béton normal, à 95 % pour la brique de bonne qualité, avec des valeurs de l'ordre de 50 % pour les pierres calcaires et 60 à 80 % pour les bétons légers.

Quand on néglige le phénomène de blocage de certains pores par l'eau liquide, c'est-à-dire quand le degré hygrométrique est suffisamment faible, on peut admettre que l'écoulement de la vapeur d'eau à travers un matériau poreux est voisin du régime laminaire et dans ces conditions la quantité de vapeur d'eau traversant une paroi est donnée par la formule :

$$V = \mu S \Delta p$$

où V est le débit de vapeur d'eau (en g/h) à travers la surface S du mur, pour une différence Δp des pressions de vapeur d'eau sur chacune des faces (en mm d'eau ou en mm de mercure); μ est un coefficient de perméabilité ($\frac{g}{m^2 h mm \text{ eau}}$ ou $\frac{g}{m^2 h mm Hg}$). On peut considérer d'ailleurs que μ est inversement proportionnel à l'épaisseur traversée (voir quatrième partie) et en déduire la perméabilité à la vapeur d'eau d'une paroi comportant des couches de matériaux divers. En fait, le coefficient μ précédent, même en l'absence de blocage, n'est pas indépendant de Δp . Avec le blocage, apparaît non seulement un rôle plus important de Δp , mais encore une variation nette de la perméabilité avec les valeurs *absolues* des pressions de vapeur sur chacune des faces.

Les procédés de mesure de μ sont en outre assez différents et souvent peu comparables ainsi que nous l'avons déjà expliqué au début de notre exposé. Pratiquement, les procédés les plus simples sont à base de mesures de poids avec échantillons placés sur balance, la vapeur d'eau traversant l'échantillon de matériau :

— Soit jusqu'à un produit siccatif absorbant la vapeur d'eau que l'on pèse régulièrement (procédé dit « sec »);

— Soit provenant d'une couche très humide saturée en eau que l'on pèse régulièrement (procédé dit « humide » : figure 26).

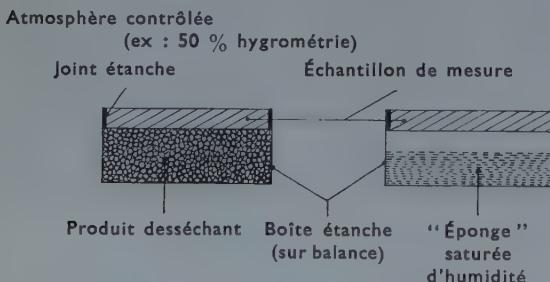


FIG. 26. — Procédés de mesure de la perméabilité à la vapeur d'eau.

Il est bien évident, aussi bien théoriquement (malgré que de nombreux expérimentateurs s'en soient étonnés) qu'expérimentalement que les deux méthodes donnent des résultats très différents et difficiles à interpréter, en particulier parce que le blocage est intense en face de l'ambiance saturée d'humidité. Il ne faudrait d'ailleurs pas croire que ce blocage réduit la perméabilité, car par suite des phénomènes de capillarité la perméabilité à l'eau liquide (en poids) est souvent supérieure à la perméabilité à la vapeur d'eau. Dès lors, il paraît intéressant

d'opérer entre deux ambiances à degré hygrométrique voisin (ce qui est très difficile expérimentalement) et d'étudier la variation de la perméabilité en fonction du degré hygrométrique moyen.

Pour des ambiances très sèches (au-dessous de 30-40 % de degré hygrométrique) le blocage est pour la majorité des matériaux négligeable, la circulation d'eau liquide ne joue alors aucun rôle et, dans ce cas, l'étude théorique permet de déduire que la perméabilité à la vapeur d'eau est d'environ 20 % supérieure à la perméabilité à l'air, c'est-à-dire pratiquement équivalente compte tenu de la précision des mesures.

L'étude de la variation de perméabilité avec le degré hygrométrique n'a guère été faite systématiquement qu'en Suède pendant la guerre par JOHANSSON⁽¹⁾. Les résultats de cet auteur ont été réunis figure 27, et nous y avons ajouté des résultats de SCHÄCKE relatifs à un degré hygrométrique de l'ordre de 50 % (50 à 74 % sur une face, 20 % sur l'autre). Nous nous sommes refusés à y ajouter de nombreux autres résultats, en particulier américains (U. S. A. ou Canada) pour lesquels le degré hygrométrique moyen est pratiquement très mal connu⁽²⁾.

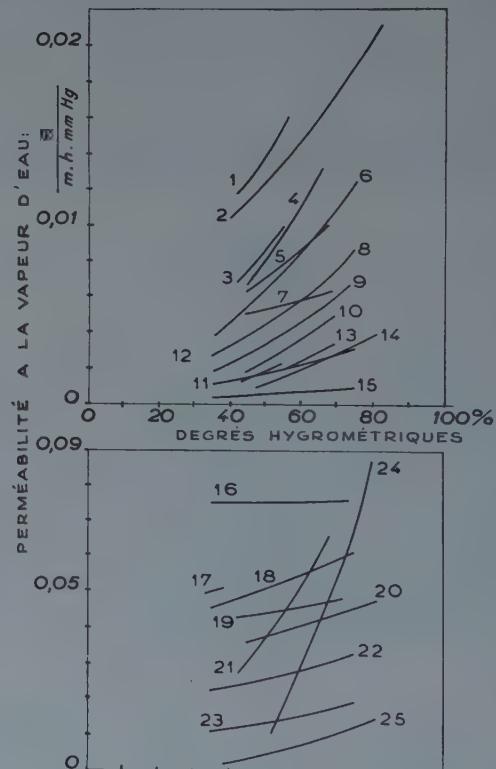


FIG. 27. — Perméabilité à la vapeur d'eau de différents matériaux en fonction du degré hygrométrique (tableau p. 825).

⁽¹⁾ Par suite de changement de poste, ce chercheur a abandonné depuis ces questions et les remarquables études suédoises n'ont malheureusement pu être poursuivies.

⁽²⁾ Les essais américains antérieurs à 1950 sont signalés par EGNER (voir annexe bibliographique, p. 830) et, depuis, ils peuvent être retrouvés dans la revue *Heating, Piping and Air Conditioning*.

CARACTÉRISTIQUES DES MATERIAUX

DONT LA PERMÉABILITÉ À LA VAPEUR D'EAU EST DONNÉE PAR LA FIGURE 27 OU PAR LA COLONNE 1 DU TABLEAU.

14. Perméabilité aux autres gaz.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, la perméabilité aux gaz autres que l'air n'est pas toujours aisée à déterminer. Pour les matériaux courants offrant une résistance suffisante au passage de l'air, on peut admettre (voir quatrième partie) que le débit en volume est inversement proportionnel à la viscosité absolue du gaz. On obtient alors les résultats donnés par le tableau suivant :

GAZ	Perméabilité au gaz		viscosité absolue à 10° (millipoises)
	Perméabilité à l'air		
Air	1		0,17
Argon (1)	0,8		0,21
Azote	1,05		0,165
Oxyde de carbone	1		0,17
Anhydride carbonique	1,2		0,14
Hélium	0,95		0,18
Hydrogène	2		0,085
Oxygène	0,8		0,215
Xénon (1)	0,8		0,225

(1) Indiqués surtout pour leur utilisation comme traceurs dans les mesures de ventilation naturelle.

QUATRIÈME PARTIE

ÉTUDES PHYSICO-MATHÉMATIQUES DE LA PERMÉABILITÉ AUX GAZ ET VAPEURS

15. Écoulement des fluides à travers les corps poreux.

Les premières recherches sur l'écoulement des fluides à travers les corps poreux ont montré qu'aux basses pressions le débit de fluide est sensiblement proportionnel à la différence des pressions entre les deux faces du corps poreux. On aurait donc la relation, dite loi de Darcy :

$$(1) \quad Q = C \frac{\Delta P}{S}$$

où Q est le débit, S la surface à travers laquelle le fluide passe, ΔP la différence des pressions entre les faces du corps poreux, e la distance entre faces ou épaisseur du corps poreux et C une constante dépendant du matériau et du fluide.

Cette constante est inversement proportionnelle à la viscosité μ . On peut par suite écrire l'équation (1) sous forme différentielle générale :

$$(2) \quad Q = \frac{C}{\mu} \frac{dP}{dx}$$

où $\frac{dP}{dx}$ est le gradient de pression, $V = \frac{Q}{S}$ la vitesse du fluide (ou plus exactement sa vitesse apparente rapportée à la section totale), μ sa viscosité et C le coefficient caractéristique du matériau dit *perméabilité* (1).

Dans le cas de gaz, il y a certaines précautions à prendre pour appliquer la loi de Darcy. La vitesse V n'est pas une constante, mais croît vers la sortie (point de plus faible pression) par suite de la décompression. On montre

(1) On prend parfois pour unité de perméabilité (dans le système C. G. S.) le *darcy* [FANCHER, LEWIS et BARNES].

alors que le débit doit être réduit à la pression moyenne à travers le corps (soit la moyenne entre les pressions d'entrée et de sortie).

Dans le cas de plusieurs corps poreux en *série*, la perméabilité équivalente de la couche est donnée par :

$$(3) \quad \frac{x}{\varPhi} = \Sigma \frac{x_i}{\varPhi_i}$$

(addition des résistances au passage du fluide, très analogue à l'équation valable pour la transmission de chaleur).

On rapproche souvent la loi de Darcy de la loi de Poiseuille qui donne l'écoulement d'un fluide dans un canal de diamètre D :

$$(4) \quad V = \frac{D^2}{32\mu} \frac{dP}{dx}$$

ce qui montre que, dans le cas d'un matériau dont les pores sont constitués de canalicules de diamètre D perpendiculaires aux faces d'entrée et de sortie, la perméabilité est égale à $\frac{D^2}{32\mu}$.

Mais il est bien évident que ce matériau à canalicules dirigées et identiques ne correspond pas aux matériaux réels. Pour les matériaux réels, on peut obtenir, par étude théorique, la relation suivante [KOZENY, 1927] :

$$(5) \quad \varPhi = k \frac{\theta^3}{\sigma^3}$$

où θ est le volume de vides par unité de poids et σ la surface spécifique (surface interne par unité de poids). La valeur de k a été trouvée égale à 0,2 c. g. s. [KARMAN, 1938] pour la majorité des matériaux.

Mais tous ces résultats ne valent que pour les écoulements en régime laminaire. Or l'expérience montre que, pour des pressions plus fortes, et correspondant réellement à certains cas pratiques, l'écoulement des gaz n'est plus laminaire.

L'étude dimensionnelle de la question montre que l'on a :

$$(6) \quad \frac{\Delta P}{e} = \frac{k'}{g} \nu^{2-n} \left(\frac{\varPhi}{\theta} \right)^n R^{n-3}$$

où k' est une constante, ν la viscosité cinématique ($\frac{\mu}{\rho}$), n un exposant variant entre 1 (écoulement laminaire) et 2 (écoulement turbulent); $\frac{\varPhi}{\theta}$ est la vitesse réelle du fluide; R est le rayon hydraulique défini par le rapport de la section du pore à son périmètre.

On montre facilement que :

$$(7) \quad R = \frac{\theta}{\sigma}$$

où σ et θ sont respectivement la surface interne et le volume de vides par unité de poids.

On aurait donc, en régime laminaire :

$$(8) \quad \nu = \frac{k}{\mu} \frac{\theta^3}{\sigma^3} \frac{dP}{dx}$$

en régime turbulent :

$$(9) \quad \nu^2 = k' \frac{\theta^3}{\sigma} \frac{dP}{dx}$$

Les coefficients k et k' introduits par l'analyse dimensionnelle ne peuvent résulter que d'études expérimentales.

Celles-ci ont été effectuées par deux groupes d'auteurs surtout [FURNA, 1930; CHILTON et COLBURN, 1931], mais ne donnent pas des résultats très concordants, ni très utilisables pour notre étude.

Le résultat essentiel pour nous est que, pour l'air à la température normale :

— Le premier auteur obtient :

$$(10) \quad \frac{dP}{dx} \text{ proportionnel à } V^2,$$

— Les seconds auteurs obtiennent :

$$(11) \quad \frac{dP}{dx} \text{ proportionnel à } V^{1.85}.$$

16. Écoulement des fluides à travers les orifices.

Les études précédentes ont eu surtout pour but de déterminer la perméabilité de matériaux poreux et le plus souvent granuleux.

D'autres études ont été effectuées en vue de déterminer le régime d'écoulement des fluides à travers de petits orifices.

Les premiers essais de ce genre ont été effectués à Munich [RAISCH, 1928], et ont porté sur la perméabilité à l'air de perforations de 0,8 à 3,0 mm dans une plaque de laiton de 0,35 mm d'épaisseur. Les bords ont été laissés vifs ou arrondis.

Les résultats ont fourni un débit sensiblement proportionnel à la racine carrée de la différence de pression (entre 0,5 et 2 mm d'eau) :

$$(12) \quad Q = \alpha \sqrt{\Delta P}$$

où Q est le débit en mètre cube par heure et par mètre carré d'orifice pour une dépression ΔP en millimètre d'eau. Les valeurs de α sont données par le tableau suivant :

DIAMÈTRE de perforation	$\alpha (\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-1})$	
	bords droits	bords arrondis
0,80 mm	9 400	12 400
1,02 mm	9 600	12 300
1,30 mm	9 600	11 600
2,02 mm	10 200	11 500
3,04 mm	10 600	11 300

C'est-à-dire que la moyenne se situe vers : 11 000. Ce résultat peut être intéressant pour calculer le débit d'air à travers certaines perforations (ex. : trou de serrure).

Les expériences précédentes ont été réalisées directement pour étudier la perméabilité des bâtiments, mais l'écoulement de l'air à travers de tels orifices a fait également l'objet de nombreuses études pour la mise au point des diaphragmes. Ces études permettent de conclure (voir par exemple SCHLAG, 1949, chapitre III) :

$$(13) \quad \alpha = 0,585 \sqrt{\frac{2g}{\delta}}$$

où δ est le poids spécifique de l'air, d'où :

$$(14) \quad \alpha = 8 400.$$

Mais cette valeur ne vaut que pour des nombres de Reynolds élevés; or pour des nombres de Reynolds faibles, les valeurs de α sont plus élevées [RESTLICHER, 1930];

il est facile de constater que le nombre de Reynolds (de l'ordre de 100 à 200) correspondant à nos conditions de pression (ΔP de l'ordre du millimètre d'eau) se situe justement dans la zone où α varie avec le nombre de Reynolds. C'est pourquoi finalement les expériences sur les diaphragmes ne sont pas plus utilisables que les essais de Raisch. L'influence de la forme de l'arête de l'orifice (aigu ou arrondi) retrouvée par Raisch paraît tout à fait normale, compte tenu des résultats obtenus par ailleurs sur les diaphragmes.

17. Écoulement des fluides à travers les fentes.

D'autres expériences, également allemandes, ont porté sur les fentes (analogues aux fentes de fenêtres) avec étude systématique de différents paramètres [REIHER, 1933]. Les résultats obtenus sont groupés dans la figure 28. Ils permettent d'exprimer le débit par la formule :

$$(15) \quad Q = 2 \frac{ls}{b^2} \left(\frac{\Delta P}{b} \right)^{2/3}$$

où Q est le débit en mètres cubes par heure, l la longueur de fente en mètres, s et b la largeur et la profondeur de fente en mètres, et ΔP la différence de pression entre les deux faces de la fente en millimètres d'eau.

On remarquera que la variation de b provient de variations de forme des fentes et que de ce fait la formule ci-dessus en fonction de b peut être assez suspecte, car ce n'est pas à proprement parler b qui a varié.

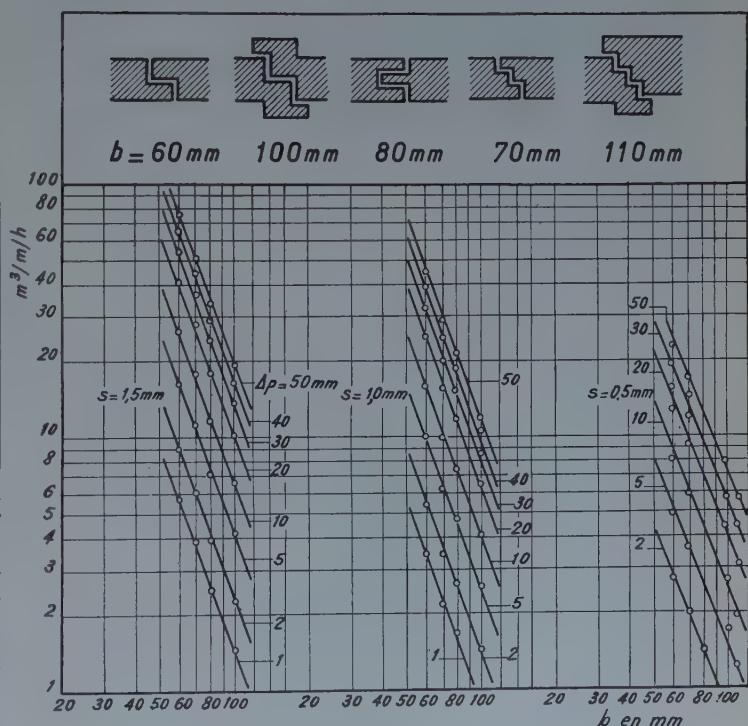


FIG. 28. — Résultats allemands sur la perméabilité des fentes de fenêtres.

L'étude détaillée des résultats montre également que la variation en fonction de s n'est pas très exactement proportionnelle à s et REIHER a d'ailleurs proposé de donner à s la puissance de 0,9 dans la formule donnant Q :

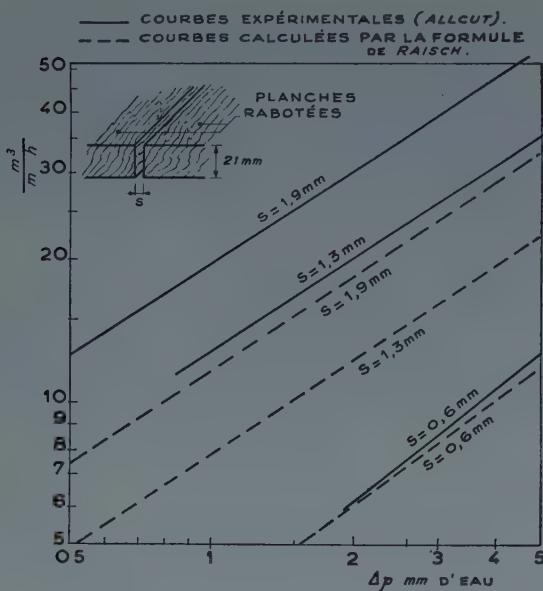


FIG. 29. — Résultats obtenus par Allcut sur la perméabilité des fentes.

celà nous paraît très au-delà de l'approximation permise par les expériences. C'est pourquoi nous avons pris purement et simplement la puissance 1.

Il est intéressant de rapprocher ces expériences des expériences effectuées en Angleterre par ALLCUT pour déterminer la perméabilité des joints (fentes) entre plaques isolantes. Il s'agit de fentes droites et les résultats sont résumés par la figure 29. L'accord n'est pas excellent avec la formule de Raisch; en outre, il n'y a pas moyen de contrôler avec les résultats anglais la variation de ζ avec b qui est fixe.

18. Application de l'analyse dimensionnelle.

Au cours du paragraphe 15 (écoulement dans les corps poreux), nous avons indiqué un certain nombre de résultats généraux sur le calcul de l'écoulement. Ce calcul est possible si l'on connaît la structure des matériaux (θ et σ dans l'équation 5 par exemple); or ces paramètres sont mal connus et si, à la rigueur, les essais de perméabilité à l'air peuvent permettre de connaître θ et σ (ou plus exactement θ^2/σ^2), l'inverse n'est guère actuellement possible, l'étude « porométrique » des matériaux ayant été beaucoup trop négligée jusqu'ici.

Par contre, pour les fentes, on pouvait espérer utiliser les résultats connus de la mécanique des fluides. On sait que les résultats considérés comme les plus valables et qui condensent tous les phénomènes expérimentaux sont ceux résumés dans la « harpe » de NIKURADSE; toutefois, une amélioration a été apportée à cette présentation par MOODY (1944) et c'est l'abaque de cet auteur qu'il faut sans doute préférer; il est d'ailleurs très voisin de celui de NIKURADSE.

Le calcul des pertes de charge dans une fente fait intervenir deux éléments :

- Les pertes de charge locales (entrée, sortie, coude);

- Les pertes de charge par frottement sur les parois.

Pour déterminer ces dernières, il faut d'abord con-

naître le régime d'écoulement; en supposant que l'allure géométrique de la fente n'introduise pas de turbulences, on doit se reporter aux résultats connus pour l'écoulement des fluides dans les canaux. On peut se rendre compte, d'après les résultats que nous avons obtenus expérimentalement, que le nombre de Reynolds correspondant à l'écoulement normal dans les fentes de fenêtres est de l'ordre de 100 à 500, ce qui pourrait paraître correspondre à l'écoulement lamininaire, mais il faut bien tenir compte de ce que la rugosité relative (par rapport à la largeur de la fente : ordre du millimètre) est avec le bois raboté de l'ordre de quelques dixièmes, c'est-à-dire une rugosité extrêmement élevée dont on peut difficilement connaître l'influence sur l'écoulement, car de telles rugosités relatives n'ont jamais été étudiées expérimentalement. Nous avons cherché à extrapolier les résultats donnés par NIKURADSE et par MOODY au cas qui nous intéresse, mais cette extrapolation paraît très audacieuse. Il ne faudrait pas croire d'ailleurs que cet élément puisse être négligé, car les pertes de charge par frottement sur les parois sont importantes dans le cas de l'écoulement à travers les fentes.

Prenons, par exemple, le cas simple de la figure 25, avec $s = 1,3$ mm et $b = 21$ mm. Les pertes de charge locales sont celles de l'entrée et de la sortie. Le coefficient de la formule de pertes de charge.

$$(16) \quad \Delta p = \zeta \frac{\rho u^2}{2g} = \zeta \frac{u^2}{16}$$

[avec u en m/s et Δp en mm d'eau]

est pour l'entrée $\zeta = 0,5$ et pour la sortie $\zeta = 1$. Pour une vitesse d'écoulement de 2 m/s (débit de 9,4 $\frac{m^3}{m/h}$), on a :

$$Re = \frac{u 2s}{v} = 370$$

(2s est le « rayon hydraulique »).

Le calcul utilisant les résultats classiques de la mécanique des fluides donne :

— Pertes de charges locales,

à l'entrée $\zeta = 0,5$; à la sortie $\zeta = 1$; total $\zeta = 1,5$; perte de charge = 0,37 mm eau.

— Pertes de charge réparties,

(gradient de pression = $\frac{12uu}{s^2} = 25,2 \frac{mm eau}{m}$)
sur 21 mm = 0,53 mm eau.
TOTAL 0,90 mm eau.

On trouve figure 25, d'après les résultats d'ALLCUT, la valeur de 0,7 mm d'eau environ, ce qui serait sensiblement obtenu avec $s = 1,2$ mm. Or la précision de la mesure et la rugosité de surface font que la distance entre planches rabotées n'est pas connue à un dixième de millimètre près. On peut donc considérer que les résultats obtenus par ALLCUT sont probablement très valables; l'extrapolation des résultats de RAISCH paraît au contraire très inexacte.

Cela nous conduit d'ailleurs à souligner que le régime d'écoulement est :

- Turbulent à l'entrée et à la sortie;

- Lamininaire (du moins sensiblement) dans les matériaux et les fentes. De ce fait les pertes de charge comprennent une partie proportionnelle au carré de la vitesse

et une partie proportionnelle à la vitesse, si bien que le débit est donné par une formule de la forme :

$$(17) \quad Q = A (\sqrt{B \Delta p} + 1 - 1)$$

qui explique les pentes de log Q en fonction de log Δp comprises entre 45 et 90°.

Ces résultats laissent très sceptiques sur la valeur générale des expériences de RAISCH, qui ne peuvent d'ailleurs être réellement contrôlées, car s'y semble mal connu au moins pour les parties invisibles des profils, et par suite également de l'instabilité de l'écoulement due aux coude des sections. Il est donc souhaitable à notre avis, dans le cas où on voudrait déterminer la perméabilité à partir des caractéristiques géométriques d'un profil, d'utiliser les résultats généraux suivants :

- Pertes de charge à l'entrée : $\frac{u_e^2}{32}$ mm eau (u_e en $\frac{m}{s}$) (u_e = vitesse dans la fente près de l'entrée.)
- Pertes de charge à la sortie : $\frac{u_s^2}{16}$ mm eau (u_s en $\frac{m}{s}$) (u_s = vitesse dans la fente près de la sortie).
- Perte de charge répartie : $21 \cdot 10^{-4} \frac{b}{s^2} u$ mm eau (u en $\frac{m}{s}$, b et s en m) (fente de largeur s et de profondeur b , vitesse dans la fente : u).
- Perte de charge dans un coude à angle droit : $\frac{u^2}{10} \text{ à } \frac{u^2}{8}$ mm eau (u en $\frac{m}{s}$) (vitesse moyenne dans le coude : u).

Cette dernière valeur est tirée de l'étude de SCHUBART [SCHUBART, 1929] qui montre qu'avec des coudes très rugueux à angle droit on a environ $\zeta = 2$ (double de ce qu'on a avec des parois lisses : $\zeta = 1$).

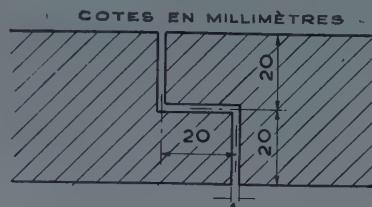


FIG. 30. — Exemple de calcul de la perméabilité d'une fente.

Exemple (fig. 30),

$$u = 4 \quad (Q = 14,4 \frac{m^3}{mh}).$$

On tire :

Sortie + entrée....	1,5
Coudes.....	1,6 à 2
En fente $s = 0,001$,	
— $b = 0,060$.	5,1

$$\text{TOTAL} \dots \dots \dots 8,2 \text{ à } 8,6 \text{ mm eau}$$

Or on trouve (fig. 25) une perte de charge d'après RAISCH de l'ordre de 8 à 9 mm d'eau. On peut donc conseiller d'utiliser les valeurs encadrées précédentes.

BIBLIOGRAPHIE

Perméabilité à l'air des matériaux :

VON THIELMANN (H. F.), Die Luftdurchlässigkeit von Baumaterialen, *Gesundheits-Ing.*, **38**, 265, 1915.

HOUGHTEN (F. C.), INGELS (M.), Infiltration through plastered and unplastered brick walls, *Trans. A. S. H. V. E.*, **33**, 377, 1927.

RAISCH (E.), Die Luftdurchlässigkeit von Baustoffen und Baukonstruktionsteilen, *Gesundheits-Ing.*, **51**, 481, 1928.

LARSON (G. L.), NELSON (D. W.), BRAATZ (C.), Air infiltration through various types of brick wall construction, *Trans. A. S. H. V. E.*, **35**, 183, 1929.

LARSON (G. L.), NELSON (D. W.), BRAATZ (C.), Air infiltration through various types of brick wall construction, *Trans. A. S. H. V. E.*, **36**, 99, 1930.

HOUGHTEN (F. C.), GUTBERLET (C.), HERBERT (C. A.), Air leakage through various forms of building construction, *Trans. A. S. H. V. E.*, **37**, 177, 1931.

RAISCH (E.), STEGER (H.), Die Luftdurchlässigkeit von Bau- und Wärmestoffen, *Gesundheits-Ing.*, **55**, 553, 1934.

ALLCUT (E. A.), Air infiltration in heat-insulating materials, *Engineering*, **148**, 371 (abrégié d'après le Bulletin n° 158 de : School of Engineering Research, Faculty of Applied Science and Engineering, University of Toronto), 1939.

BUISSON (M.), Les Pierres, *Cahiers du Bâtiment*, Cahier 36, 1949.

GRAF (O.), Die Eigenschaften des Betons, Berlin (d'après WALZ *Fortschr. u. Forsch. Bauwesen*, A **9**, 21, 1950).

Perméabilité à l'air des structures fixes :

Pour les murs à ossatures en bois :

RAISCH (E.), Die Luftdurchlässigkeit von Baustoffen und Baukonstruktionsteilen, *Gesundheits-Ing.*, **51**, 481, 1928.

LARSON (G. L.), NELSON (D. W.), BRAATZ (C.), Air infiltration through various types of wood frame construction, *Trans. A. S. H. V. E.*, **36**, 397, 1930.

HOUGHTEN (F. C.), GUTBERLET (C.), HERBERT (C. A.), Air leakage through various forms of building construction, *Trans. A. S. H. V. E.*, **37**, 177, 1931.

Pour les toitures :

SETTELE (E.), Der Wärmeschutz durch Dachkonstruktionen, *Gesundheits-Ing.*, **55**, 319, 1932.

Perméabilité à l'air des fenêtres (recherches anciennes exclues) :

RAISCH (E.), Die Wärme- und Luftdurchlässigkeit von Fenstern verschiedener Konstruktion, *Gesundheits-Ing.*, **45**, 99, 1922.

RAISCH (E.), Die Luftdurchlässigkeit von Baustoffen und Baukonstruktionsteilen, *Gesundheits-Ing.*, **51**, 481, 1928.

EBERLE (C.), Versuche über die Luftdurchlässigkeit und Wärmeverlust von Fenstern, *Gesundheits-Ing.*, **51**, 566, 1928.

HOUGHTEN (F. C.), O'CONNELL (M. E.), Air leakage on metal windows in a modern office building, *Trans. A. S. H. V. E.*, **34**, 321; Air leakage through a pivoted metal window, *Trans. A. S. H. V. E.*, **34**, 519, 1928.

EMSWILLER (J. E.), RANDALL (W. C.), The weathertightness of rolled section steel windows, *Trans. A. S. H. V. E.*, **34**, 527, 1928.

RICHTMANN (W. M.), BRAATZ (C.), Effect of frame calking and storm sash on infiltration around and through windows, *Trans. A. S. H. V. E.*, **34**, 547, 1928.

LARSON (G. L.), NELSON (D. W.), KUBASTA (R. W.), Air infiltration through double hung wood windows, *Trans. A. S. H. V. E.*, **37**, 571, 1931.

SIGWART (K.), Luftdurchlässigkeit von Holz-und Stahlfenstern, *Gesundheits-Ing.*, 55, 515, 1932.

RUSK (D. O.), CHERRY (V. H.), BÖLTER (L.), Air infiltration through steel framed windows, *Trans. A. S. H. V. E.*, 39, 169, 1933.

REIHER (H.), FRAASS (K.), SETTELE (E.), Über die Frage der Luft- und Wärmedurchlässigkeit von Fenstern, *Wärmewirtsch. Nachr.*, 6, 42-56, 1933.

SETTELE (E.), Über die Frage der Luft- und Wärmedurchlässigkeit von Fenstern, *Wärmewirtsch. Nachr.*, 6, 111, 1932.

CAMMERER (J. S.), HIRSCHBOLD (F.), Der Einfluss der Fensterbauart auf den Luftdurchgang, *Gesundheits-Ing.*, 61, 393, 1938.

DURR (R.), Die Luft- und Wärmedurchlässigkeit neuzeitlichen Stahlfensterbauweisen, *Gesundheits-Ing.*, 64, 135, 1941.

VAN GUNST (E.), DEN OUDEN (H. P. L.), Metingen aan de ramen in de proefwoningen, *Comm. voor Klimaatregeling, T. N. O. Med.*, n° 56, (Bijlagen 2, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 15, 16), 1949-1951.

CADIERGUES (R.), Rapport sur la spécification de perméabilité à l'air des menuiseries (document interne. Commission « Menuiserie ». Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics. Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics).

Perméabilité à l'air des bâtiments :

VON CUBE (H. L.), SCHÜLE (W.), Wärme-Feuchtigkeits- und Lüftungstechnische Untersuchungen an den Versuchshäusern der Ausstellung « Das Fertighaus » in Stuttgart-Zuffenhausen, *F. B. W.*, Stuttgart-Degerloch, 1948.

Perméabilité à la vapeur d'eau :

La bibliographie de cette question est considérable et peut être fournie sur demande directe au Costric, 7, rue du Quatre-Sepembre, Paris; les études dont les résultats numériques ont été utilisés dans le texte sont les suivantes :

JOHANSSON (C. H.), Fuktgenomgång och Fuktfördelning i Byggadsmaterial, *V. V. S. Tidskrift*, n° 19 (traduction en anglais du National Research Council of Canada, n° TT-189), 1948.

EGNER (K.), Feuchtigkeitsdurchgang und Wasserdampfkondensation in Bauten, *Fortschritte und Forschungen im Bauwesen*, Reihe C, HI, 1950.

SCHÄCKE (H.), Die Durchfeuchtung von Baustoffen und Bauteilen auf Grund des Diffusionsvorganges und ihre rechnerische Abschätzung, *Gesundheits-Ing.*, mars 1953.

TABLEAUX ANNEXES

TABLEAU I. — CARACTÉRISTIQUES DE PERMÉABILITÉ DES PAROIS. (Murs pleins divers.)

COURBE n°	CARACTÉRISTIQUES DE LA PAROI	AUTEUR
1...	Enduit de 40 mm comprenant : une première couche au mortier de 1 vol. chaux + 2 vol. ciment + 5 vol. sable, et une seconde couche de 2 vol. chaux + 1 vol. sable.	RAISCH (1928).
2...	Brique de 6,5 cm seule.	RAISCH (1928).
3...	Béton cellulaire (au gaz) de 9,9 cm d'épaisseur (densité : 797 kg/m³), humide.	RAISCH (1934).
4...	Liège expansé et imprégné de 8 cm d'épaisseur avec enduit au ciment de 1,6 cm.	RAISCH (1934).
5...	Enduit de 20 mm comprenant : une première couche de mortier de 1 vol. chaux + 1/2 vol. ciment + 5 vol. sable et une seconde couche fine de 2 vol. chaux + 1 vol. sable.	RAISCH (1928).
6...	Enduit de chaux deux couches.	RAISCH (1928).
7...	Plâtre cellulaire de 8 cm d'épaisseur (densité : 625 kg/m³), sec. Fibraggio de 6,1 cm d'épaisseur (densité : 668 kg/m³), humide.	RAISCH (1934).
8...	Béton cellulaire de 10,1 cm d'épaisseur (densité : 1 011 kg/m³), sec.	RAISCH (1934).
9...	Mur de brique au mortier de chaux et de ciment, avec enduit intérieur sur treillage métallique.	LARSON (1930).
10...	Béton cellulaire de 7,6 cm d'épaisseur (densité : 597 kg/m³), humide.	RAISCH (1934).
11...	Mur de brique au mortier de chaux, avec enduit intérieur.	LARSON (1930).
12...	Béton cellulaire identique à celui de la courbe 3, mais sec.	RAISCH (1934).

COURBE n°	CARACTÉRISTIQUES DE LA PAROI	AUTEUR
13...	Isolant à la tourbe de 5,6 cm d'épaisseur (densité : 210 kg/m³), humide.	RAISCH (1934).
14...	Brique creuse. Béton cellulaire (au gaz) de 4,7 cm d'épaisseur (densité : 797 kg/m³), humide.	VON THIELMANN (1915). RAISCH (1934).
15...	Mur de brique au mortier de chaux et de ciment, avec enduit intérieur sur treillage métallique.	LARSON (1930).
16...	Béton cellulaire identique à celui de la courbe 10, mais sec.	RAISCH (1934).
17...	Isolant à la tourbe de 3,9 cm d'épaisseur (densité : 252 kg/m³), sec.	RAISCH (1934).
18...	Isolant de paille fortement comprimée de 1,3 cm d'épaisseur (densité : 283 kg/m³), humide.	RAISCH (1934).
19 a .	Enduit de 2,5 cm comprenant : une couche au mortier de 1 vol. chaux + 5 col. sable et une couche fine de 2 vol. chaux + 1 vol. sable.	RAISCH (1928).
19 b .	Liège expansé de 8 cm d'épaisseur (densité : 113 kg/m³), humide.	RAISCH (1934).
19 c .	Carton de 1,4 cm d'épaisseur (densité : 264 kg/m³), humide.	RAISCH (1934).
20...	Béton de ponce de 4,3 cm d'épaisseur (densité : 1 050 kg/m³), humide.	RAISCH (1934).
21...	13 cm de sable fin vibré.	RAISCH (1934).
22...	Isolant à la tourbe identique à celui de la courbe 13, mais sec.	RAISCH (1934).
23...	Béton de ponce identique à celui de la courbe 20, mais sec.	RAISCH (1934).

COURBE n°	CARACTÉRISTIQUES DE LA PAROI	AUTEUR
24 a .	Mur de brique au mortier de chaux et de ciment peint à l'huile intérieurement	LARSON (1930).
24 b .	Mur de brique au mortier de chaux et de ciment peint à l'eau intérieurement.	LARSON (1930).
25 . .	Mur de brique de 40 cm enduit deux faces.	RAISCH (1928).
26 . .	Carton identique à celui de la courbe 19 c, mais sec.	RAISCH (1934).
27 . .	Mur en bois à vide central, papier goudronné + revêtement en bois + enduit sur les deux faces (enduit de 23 mm à la chaux).	RAISCH (1928).
28 . .	Mur de brique au mortier de ciment et de chaux, sans enduit.	LARSON (1930).
29 . .	Paille comprimée identique à celle de la courbe 18, mais sèche.	RAISCH (1934).
30 . .	Béton cellulaire identique à celui de la courbe 14, mais sec.	RAISCH (1934).
31 . .	Mur de brique analogue à celui de la courbe 28.	LARSON (1930).
32 . .	Liège expansé et imprégné de 9,9 cm d'épaisseur (densité : 268 kg/m³), humide.	RAISCH (1934).
33 . .	Mur de brique analogue à celui des courbes 28 et 31.	LARSON (1930).
34 . .	Liège identique à celui de la courbe 19 b, mais sec.	RAISCH (1934).
35 . .	Mur de brique identique à celui de la courbe 36, mais avec peinture à l'huile à l'intérieur.	LARSON (1930).
36 . .	Mur de brique au mortier de ciment et chaux.	LARSON (1930).
37 . .	Mur en bois identique à celui de la courbe 27, mais sans enduit.	RAISCH (1928).
38 . .	Pierre calcaire (tuff).	VON THIELMANN (1915).
39 . .	Mur de brique identique à celui de la courbe 11, mais sans enduit.	LARSON (1930).
40 . .	Liège identique à celui de la courbe 32, mais sec.	RAISCH (1934).
41 . .	Brique légère (d'Andernach).	VON THIELMANN (1915).
42 . .	Paille faiblement comprimée de 3,4 cm d'épaisseur (densité : 271 kg/m³), humide.	RAISCH (1934).
43 . .	Paille identique à celle de la courbe 42, mais sèche.	RAISCH (1934).
44 . .	Fibraggio identique à celui de la courbe 7, mais sec.	RAISCH (1934).
45 . .	Liège expansé et imprégné de 8 cm d'épaisseur (densité : 145 kg/m³) humide.	RAISCH (1934).
46 . .	Liège identique à celui de la courbe 45, mais sec. Béton de 6,1 cm d'épaisseur (densité : 1 226 kg/m³), humide.	RAISCH (1934).

COURBE n°	CARACTÉRISTIQUES DE LA PAROI	AUTEUR
47 . .	Béton identique à celui de la courbe 46, mais sec.	RAISCH (1934).
48 . .	Brique légère (d'Andernach).	VON THIELMANN (1915).
49 . .	Panneau de fibre de cocotier de 5,9 cm d'épaisseur (densité : 126 kg/m³), humide.	RAISCH (1934).
50 . .	Panneau identique à celui de la courbe 49, mais sec.	RAISCH (1934).
51 . .	Panneau de fibraggio grossier de 6,1 cm d'épaisseur (densité : 305 kg/m³), humide.	RAISCH (1934).
52 . .	Panneau identique à celui de la courbe 51, mais sec.	RAISCH (1934).
53 . .	Mur en briques pleines 33 cm.	HOUGHTEN (1931).
54 . .	Mur identique à celui de la courbe 53, avec enduit plâtre.	HOUGHTEN (1931).
55 . .	Même mur que le précédent, plâtre enlevé.	HOUGHTEN (1931).
56 . .	Même mur que le précédent, avec une couche de peinture.	HOUGHTEN (1931).
57 . .	Mur identique à celui de la courbe 55 avec trois couches de peinture.	HOUGHTEN (1931).
58 . .	Mur identique à celui de la courbe 55 avec six couches de peinture.	HOUGHTEN (1931).
59 . .	Mur de 33 en brique pleine et brique creuse.	HOUGHTEN (1931).
60 . .	Mur en brique, joints en mortier bâtarde (bonne exécution).	LARSON (1930).
61 . .	Mur en brique, joints en mortier de chaux (bonne exécution).	LARSON (1930).
62 . .	Mur en brique, joints en mortier bâtarde (exécution médiocre).	LARSON (1930).
63 . .	Fibraggio 13 mm (densité : 327 kg/m³).	ALLCUT (1939).
64 . .	Fibraggio 13 mm (densité : 248 kg/m³).	ALLCUT (1939).
65 . .	Laine de roche, épaisseur 10 cm (densité : 320 kg/m³).	ALLCUT (1939).
66 . .	Laine de roche, épaisseur 10 cm (densité : 224 kg/m³).	ALLCUT (1939).
67 . .	Laine de roche, épaisseur 10 cm (densité : 128 kg/m³).	ALLCUT (1939).
68 . .	Laine de verre, épaisseur 10 cm (densité : 128 kg/m³).	ALLCUT (1939).
69 . .	Laine de verre, épaisseur 10 cm (densité : 80 kg/m³).	ALLCUT (1939).
70 . .	Laine de verre, épaisseur 10 cm (densité : 64 kg/m³).	ALLCUT (1939).
71 . .	Pierre calcaire (Lany), 6 cm épaisseur.	BUISSON (1949).
72 . .	Pierre calcaire (Longueville), 6 cm épaisseur.	BUISSON (1949).

COURBE n°	CARACTÉRISTIQUES DE LA PAROI	AUTEUR	COURBE n°	CARACTÉRISTIQUES DE LA PAROI	AUTEUR
73...	Pierre calcaire (Caen), 6 cm épaisseur.	BUISSON (1949).	76...	Pierre calcaire (Saint-Maximin), 6 cm épaisseur.	BUISSON (1949).
74...	Pierre calcaire (Euville), 6 cm épaisseur.	BUISSON (1949).	77...	Pierre calcaire (Tuffau), 6 cm épaisseur.	BUISSON (1949).
75...	Pierre calcaire (Migné), 6 cm épaisseur.	BUISSON (1949).	78...	Pierre calcaire (Mery), 6 cm épaisseur.	BUISSON (1949).

TABLEAU II. — PERMÉABILITÉ A L'AIR
DES BÉTONS (DE 7 JOURS).
(Épaisseur : 12 cm.)

GRANULOMÉTRIE					DOSAGE ciment	PERMÉABILITÉ à l'air	
Grains passant au tamis de (mm)						essais : $\Delta p =$ 5 000 mm eau	calcul : $\Delta p =$ 10 mm
0,2	1	3	7	15	kg/m³	m³/m²·h	m³/m²·h
%	%	%	%	%	240 300	0,13 0,018	$2,6 \times 10^{-4}$ $3,6 \times 10^{-5}$
1	8	22	40	63	240 300	0,27 $< 0,005$	$5,4 \times 10^{-4}$ $< 10^{-5}$
9	14	42	60	82	240 300	6,1 0,75	$1,21 \times 10^{-2}$ $1,5 \times 10^{-3}$
17	56	70	80	92			

TABLEAU III. — CARACTÉRISTIQUES DES PAROIS
(Parois en bois.)

COURBE n°	CARACTÉRISTIQUES DE LA PAROI	AUTEUR	COURBE n°	CARACTÉRISTIQUES DE LA PAROI	AUTEUR
0...	Lattis métallique avec trois couches de plâtre + enduit à la colle et peinture (ne figure pas dans le diagramme : perméabilité nulle).	LARSON (1930).	4...	Voliges cèdre rouge $0,7 \times 40$ cm posées à recouvrement (hauteur découverte 19 cm), feuille de papier spécial, planches $2,5 \times 15$ cm séchées à l'air et posées à recouvrement, lattis bois et trois couches de plâtre.	LARSON (1930).
1...	Papier à la résine entre planches $2,5 \times 15$ cm, séchées à l'air et bouvetées, face extérieure peinte.	LARSON (1930).	5...	Planches $2,5 \times 15$ cm séchées à l'air et posées à recouvrement, feuille de papier spécial, planches $2,5 \times 15$ cm bouvetées, peinture extérieure.	LARSON (1930).
2...	Enduit ciment sur armature roseaux.	RAISCH (1928).	6...	Feuille de papier spécial entre planches $2,5 \times 15$ cm séchées à l'air et bouvetées, peinture extérieure.	LARSON (1930).
3...	Lattis bois et trois couches de plâtre.	LARSON (1930).			

COURBE N°	CARACTÉRISTIQUES DE LA PAROI	AUTEUR	COURBE N°	CARACTÉRISTIQUES DE LA PAROI	AUTEUR
7...	Lattis métal et trois couches de plâtre.	LARSON (1930).	21...	Papier à la résine, planches 2,5 × 15 cm séchées à l'air et bouvetées.	LARSON (1930).
8...	Lattis bois et trois couches de plâtre, papier peint à l'intérieur.	LARSON (1930).	22...	Double paroi bois avec deux feuilles de papier goudronné, face intérieure comportant un enduit de 23 mm de plâtre sur armature de roseaux.	RAISCH (1928).
9...	Trois couches (au total 3 cm) de stuc sur métal déployé, planches séchées à l'air et bouvetées 2,5 × 15 cm.	LARSON (1930).	23...	Planches 2,5 × 15 cm séchées à l'air et bouvetées.	LARSON (1930).
10...	Voliges cèdre rouge 2,6 × 26 cm posées à recouvrement, papier spécial, planches séchées à l'air et jointives 2,5 × 15 cm, peinture extérieure.	LARSON (1930).	24...	Tôle d'acier ondulée à l'intérieur des montants, planches 2,5 × 15 cm séchées à l'air et bouvetées.	LARSON (1930).
11...	Planches 2,5 × 15 cm séchées à l'air et jointives, papier spécial, lattis bois et trois couches de plâtre, peinture extérieure.	LARSON (1930).	25...	Tôle d'acier ondulée d'une seule pièce.	LARSON (1930).
12...	Voliges cèdre rouge 0,7 × 40 cm posées à recouvrement (hauteur découverte 19 cm), feuille de papier spécial, planches 2,5 × 15 cm séchées à l'air et posées à recouvrement.	LARSON (1930).	26...	Double paroi bois, deux feuilles de papier goudronné.	RAISCH (1928).
13...	Voliges cèdre rouge 2,6 × 26 cm posées à recouvrement, papier spécial, planches séchées à l'air et jointives 2,5 × 15 cm.	LARSON (1930).	27...	Planches avec gaïne isolante.	LARSON (1930).
	Feuille de papier spécial entre planches 2,5 × 15 cm séchées à l'air et bouvetées.		28...	Voliges cèdre rouge 0,7 × 40 cm posées à recouvrement (hauteur découverte 13 cm), planches 2,5 × 20 cm posées à recouvrement.	LARSON (1930).
	Planches 2,5 × 15 cm séchées à l'air et posées à recouvrement, feuille de papier spécial, planches 2,5 × 15 cm bouvetées.		29...	Planches 2,5 × 15 cm séchées à l'air et bouvetées.	LARSON (1930).
14...	Planches 2,5 × 15 cm séchées à l'air et bouvetées, papier spécial.	LARSON.	30...	Id.	LARSON (1930).
15...	Planches 2,5 × 15 cm séchées à l'air et bouvetées, papier spécial, peinture extérieure.	LARSON (1930).	31...	Id.	LARSON (1930).
	Planches 2,5 × 15 cm séchées à l'air et bouvetées, papier spécial, planches 2,5 × 15 cm séchées à l'air et bouvetées à l'intérieur des montants.		32...	Planches jointives, gaïne isolante.	LARSON (1930).
16...	Voliges cèdre rouge 0,7 × 40 cm posées à recouvrement (hauteur découverte 13 cm), papier spécial, planches 2,5 × 10 cm, espacement 3 cm.	LARSON (1930).	33...	Planches 2,5 × 15 cm bouvetées (montants à l'extérieur).	LARSON (1930).
	Stuc, feuille isolante.		34...	Voliges cèdre rouge 60 cm posées à recouvrement (hauteur découverte 28 cm), planches 2,5 × 20 cm posées à recouvrement.	LARSON (1930).
17...	Voliges posées à recouvrement, papier spécial, planches jointives, montants, lattis et plâtre, papier peint collé.	HOUGHTEN (1931).	35...	Tôles d'acier ondulées avec recouvrement intérieur de la jonction des tôles.	LARSON (1930).
18...	Planches de 2 cm jointives, montants, papier spécial, lattis métallique et stuc.	HOUGHTEN (1931).	36...	Voliges cèdre rouge 0,7 × 40 cm posées à recouvrement (hauteur découverte 20 cm) planches 2,5 × 10 cm non jointives, écartement 2,5.	LARSON (1930).
19...	Voliges posées à recouvrement, papier spécial, planches jointives, montants, lattis et plâtre.	HOUGHTEN (1931).	37...	Planches 2,5 × 15 cm en bois vert bouvetées.	LARSON (1930).
20...	Idem 19, mais le plâtre est remplacé par un enduit chaux.	HOUGHTEN (1931).	38...	Id. trous de pointes mastiqués.	LARSON (1930).
			39...	Planches non jointives 2,5 × 25 cm, espacement 2,5 cm, planches en recouvrement 2,5 × 10 cm.	LARSON (1930).
			40...	Planches 2,5 × 15 cm posées vertes et bouvetées.	LARSON (1930).
			41...	Voliges cèdre rouge 2,6 × 26 cm posées à recouvrement, planches 2,5 × 15 cm séchées à l'air et jointives.	LARSON (1930).

TABLEAU IV. — CARACTÉRISTIQUES DES MAISONS INDIVIDUELLES.
 (S = surface intérieure en m², H = hauteur sous plafond en m, V = volume en m³).

BÂTIMENT numéro	CARACTÉRISTIQUES			
	Parois	Volume	Fenêtres	Section des fentes cm ²
4	Creuse avec face intérieure en plaques isolantes.	Rez-de-chaussée seulement: $S = 65; H = 2,5;$ $V = 170.$	Fenêtres doubles de bonne construction.	1 400
9	—	Rez-de-chaussée + mansardes : $S = 58; H = 2,5; V = 132$	—	1 000
8	Creuse avec face intérieure enduit plâtre.	Rez-de-chaussée + mansardes : $S = 70; H = 2,4; V = 166.$	Fenêtres simples de bonne construction.	1 200
22	—	Rez-de-chaussée + mansardes : $S = 107; H = 2,5; V = 240$	Fenêtres doubles de bonne construction.	1 050
21	—	Rez-de-chaussée (double maison mitoyenne) : $S = 75; H = 2,5; V = 195.$	—	1 200
19	Creuse avec face intérieure enduit béton cellulaire.	Rez-de-chaussée : $S = 62; H = 2,43; V = 175$	Fenêtres doubles de très bonne construction.	60 (estimé)
12	Pleine avec enduits extérieur et intérieur.	Rez-de-chaussée : $S = 91; H = 2,45; V = 240.$	Fenêtres simples avec volets spéciaux d'aération.	0
7	Creuse avec face intérieure en plaques isolantes.	Rez-de-chaussée légèrement mansardé : $S = 66; H = 3; V = 190.$	Fenêtres doubles de très bonne construction.	100 (toiture)
5-6	Mince en plaques isolantes.	Rez-de-chaussée : $S = 45; H = 2,4; V = 84.$	Simples fenêtres glissantes avec calfeutrement en feutre.	250 (parois-portes)
10-11	Creuses en plaques isolantes.	Rez-de-chaussée : $S = 49; H = 2,4; V = 110.$	Doubles fenêtres de bonne construction.	220
16	—	Rez-de-chaussée : $S = 64; H = 2,4; V = 153.$	Simple fenêtre.	900
23	—	Rez-de-chaussée : $S = 55; V = 141.$	—	700
24	—	Rez-de-chaussée : $S = 45; H = 2,32; V = 110.$	—	950 (parois)
15	—	1 étage $S = 60; H = 2,50; V = 151.$	Simples fenêtres en acier à profilés du commerce.	1 250 (surtout toit)
20	Creuses avec enduit extérieur et plaques isolantes intérieures.	Rez-de-chaussée : $S = 58; H = 2,63; V = 151.$	Simple fenêtre.	2 300 (surtout toit)

TABLEAU V. — CARACTÉRISTIQUES DE L'AIR SATURÉ. (Multiplier les chiffres de la troisième colonne par 13,59 pour obtenir des pressions en mm d'eau).

TEMPÉRATURE ° C	TENEUR EN VAPEUR d'eau par m ³ d'air saturé	PRESSION de saturation de vapeur d'eau mmHg 0,77	TEMPÉRATURE ° C	TENEUR EN VAPEUR d'eau par m ³ d'air saturé	PRESSION de saturation de vapeur d'eau mmHg																																																									
— 20	0,89	— 19	— 18	— 17	— 16	— 15	— 14	— 13	— 12	— 11	— 10	— 9	— 8	— 7	— 6	— 5	— 4	— 3	— 2	— 1	0	— 1	— 2	— 3	— 4	— 5	— 6	— 7	— 8	— 9	— 10	— 30	+ 11	+ 12	+ 13	+ 14	+ 15	+ 16	+ 17	+ 18	+ 19	+ 20	+ 21	+ 22	+ 23	+ 24	+ 25	+ 26	+ 27	+ 28	+ 29	+ 30	+ 31	+ 32	+ 33	+ 34	+ 35	+ 36	+ 37	+ 38	+ 39	+ 40
— 19	$\gamma_s = 0,97$	$p_s = 0,85$	+ 11	10,03	9,84																																																									
— 18	1,06	0,93	+ 12	10,67	10,52																																																									
— 17	1,16	1,03	+ 13	11,38	11,23																																																									
— 16	1,27	1,13	+ 14	12,05	11,99																																																									
— 15	1,39	1,24	+ 15	12,83	12,79																																																									
— 14	1,52	1,36	+ 16	13,66	13,63																																																									
— 13	1,66	1,49	+ 17	14,49	14,53																																																									
— 12	1,81	1,63	+ 18	15,36	15,48																																																									
— 11	1,97	1,78	+ 19	16,29	16,48																																																									
— 10	2,15	1,95	+ 20	17,3	17,53																																																									
— 9	2,34	2,12	+ 21	18,3	18,65																																																									
— 8	2,54	2,32	+ 22	19,4	19,83																																																									
— 7	2,76	2,53	+ 23	20,6	21,07																																																									
— 6	3,00	2,76	+ 24	21,8	22,38																																																									
— 5	3,26	3,01	+ 25	23,0	23,76																																																									
— 4	3,53	3,28	+ 26	24,4	25,21																																																									
— 3	3,83	3,57	+ 27	25,8	26,74																																																									
— 2	4,15	3,88	+ 28	27,2	28,35																																																									
— 1	4,50	4,22	+ 29	28,7	30,04																																																									
0	4,86	4,58	+ 30	30,4	31,82																																																									
— 1	5,18	4,93	+ 31	32,0	33,70																																																									
— 2	5,57	5,29	+ 32	33,8	35,66																																																									
— 3	5,96	5,69	+ 33	35,7	37,73																																																									
— 4	6,37	6,10	+ 34	37,6	39,90																																																									
— 5	6,79	6,54	+ 35	39,6	42,18																																																									
— 6	7,26	7,01	+ 36	41,8	44,56																																																									
— 7	7,74	7,51	+ 37	44,0	47,07																																																									
— 8	8,27	8,05	+ 38	46,3	49,69																																																									
— 9	8,83	8,61	+ 39	48,8	52,44																																																									
— 10	9,40	9,21	+ 40	51,2	55,32																																																									

(Reproduction interdite.)

SUPPLÉMENT AUX

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

SEPTEMBRE 1953

Sixième Année, N° 69.

Série : ÉQUIPEMENT TECHNIQUE (XXXVIII).

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SÉANCE DU 11 MAI 1953

SOUS LA PRÉSIDENCE DE **M. MISSENARD.****ENSEIGNEMENT ET DOCUMENTATION****Enseignement français du chauffage et du conditionnement d'air.**Par **M. Ch. BARRAULT,**

Expert près les Tribunaux, Professeur à l'École spéciale du Bâtiment et des Travaux Publics et à l'Institut Français du Combustible et de l'Énergie.

**Documentation française et internationale en chauffage,
ventilation et conditionnement d'air.**Par **M. R. CADIERGUES,**

Directeur du Comité Scientifique et Technique de l'Industrie du Chauffage et de la Ventilation.

JOURNÉES INTERNATIONALES DE CHAUFFAGE, VENTILATION, CONDITIONNEMENT DE L'AIR**11-12-13 mai 1953****INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS**

ENSEIGNEMENT FRANÇAIS DU CHAUFFAGE ET DU CONDITIONNEMENT D'AIR

par M. BARRAULT.

AVANT-PROPOS DU PRÉSIDENT

M. BARRAULT va nous exposer l'enseignement français du chauffage, de la ventilation et du conditionnement de l'air.

M. BARRAULT, ancien élève de l'École Polytechnique, qui était autrefois ingénieur dans l'industrie du chauffage et de la ventilation, s'est spécialisé, depuis quelques années, dans le rôle de professeur. Il y excelle, car ses élèves sont unanimes à vanter la clarté et la netteté de ses cours, aussi bien à l'École des Travaux Publics qu'à l'Office central de chauffage rationnelle et à l'École supérieure du Textile.

L'industrie française est très reconnaissante à M. BARRAULT de ses efforts pour préparer des jeunes gens au métier de projeteur et d'ingénieur. C'est, en effet, la formation de la jeunesse qui conditionne l'avenir d'une industrie, comme généralement l'avenir d'un pays. On reste confondu devant le fait que certains dirigeants n'y attachent pas une importance suffisante. Évidemment, un métier ne peut réellement s'apprendre qu'en le pratiquant, mais que de temps gagné, lorsqu'on a pu profiter d'une formation rationnelle. Je crois, d'ailleurs, que cet enseignement est beaucoup plus fécond quand il s'adresse à des techniciens ou à des ingénieurs qui ont déjà une certaine connaissance pratique du métier. C'est pourquoi nous avions fondé, il y a quelques années, l'École supérieure de Chauffage. Les résultats obtenus se sont avérés excellents. Pour des raisons d'opportunité, cet enseignement n'a pas été continué, mais je signale sa fécondité aux différents pays qui, à juste titre, s'intéressent à cette question primordiale.

L'esprit de cet enseignement était de faire revenir à une école des ingénieurs diplômés, ayant déjà pratiqué le métier pendant deux ans et connaissant, somme toute, la technique dans ses grandes lignes. On perfectionnait ainsi leurs connaissances et on en faisait rapidement des ingénieurs de grande classe, susceptibles de devenir des chefs de service, voire des chefs de bureaux d'études.

Résumés.

ENSEIGNEMENT FRANÇAIS DU CHAUFFAGE ET DU CONDITIONNEMENT D'AIR

Le conférencier précise les conditions dans lesquelles l'enseignement professionnel des ouvriers monteurs, fumistes, tôliers, dessinateurs-projeteurs, techniciens, mètres, ingénieurs, est organisé en France.

Summaries.

THE TUITION OF HEATING AND AIR CONDITIONING IN FRANCE

The lecturer points out the conditions under which professional tuition of erectors, chimney-builders, sheetiron workers, designers, technicians, surveyors, engineers, etc. is planned in France.

DOCUMENTATION FRANÇAISE ET INTERNATIONALE EN CHAUFFAGE, VENTILATION ET CONDITIONNEMENT D'AIR

Après avoir insisté sur l'importance de la documentation, complément indispensable de l'enseignement technique, l'auteur décrit les principaux centres spécialisés de documentation concernant la thermique et les techniques connexes. Il passe ensuite en revue les différents périodiques étrangers et français; puis, par classes techniques, les ouvrages qui peuvent être recommandés. Une dernière partie est consacrée à la documentation commerciale et à la nécessité de relever sur ce point le niveau des publications françaises.

L'auteur termine en résumant les différentes faiblesses actuelles de notre documentation : il indique les solutions qui pourraient être proposées à cette situation.

FRENCH AND INTERNATIONAL HEATING, VENTILATING AND AIR CONDITIONING DOCUMENTATION

After stressing the importance of technical literature, an indispensable complement to technical teaching, the author describes the main centers specializing in heating and allied techniques. Then he reviews the various French and foreign periodicals and, in technical classifications, the works which can be recommended. The last part deals with commercial literature and the necessity of raising the level of French publications in this respect.

Finally the author sums up the different present-day weaknesses of our technical literature. He brings forward some solutions to improve that state of things.

EXPOSÉ DE M. BARRAULT

Toute profession a le souci et le devoir d'organiser le recrutement et la formation de son personnel. Les circonstances actuelles ont mis l'accent sur leur acuité : aussi bien la reconstruction, problème national de première urgence, nécessite une main-d'œuvre qualifiée, qu'il faut souvent disputer aux autres professions.

Le programme en est vaste et les tâches diverses. D'abord la main-d'œuvre proprement dite : monteurs en chauffage, fumistes, tôliers, ensuite le personnel des Bureaux d'Études : dessinateurs-projeteurs, mètres, commis de ville, techniciens, enfin ingénieurs.

L'Œuvre d'Enseignement professionnel de la Chambre Syndicale des Entreprises d'Installations thermiques, dont M. PABANEL est le Président, et M. VOISIN le Délégué à l'Enseignement professionnel, n'a cessé depuis plus de trente ans de se développer et est en voie d'une nouvelle et heureuse transformation.

En effet, en vertu d'un protocole qui doit être suivi d'une convention, un établissement de l'Enseignement technique, sis à Vincennes (rue de Fontenay, 98) a été affecté à l'enseignement des métiers relevant des installations thermiques et de la couverture-plomberie.

Cet établissement prendra la dénomination de :

GROUPE TECHNIQUE MAXIMILIEN-PERRET

Métiers du confort et de l'hygiène de l'habitation.

Pour l'exercice 1953-1954, la période transitoire devant normalement prendre fin le 30 septembre 1953, l'organisation de l'Œuvre d'Enseignement professionnel de la Chambre Syndicale sera la suivante :

I. — Formation d'ouvriers monteurs en chauffage, fumistes en bâtiment et tôliers en ventilation de bâtiment.

1^o Centre d'apprentissage.

Les jeunes gens sortant de l'école primaire et se destinant à ces métiers recevront leur instruction professionnelle au Centre d'Apprentissage, 98, rue de Fontenay à Vincennes. La scolarité est de trois années. L'établissement comporte une cantine. La gratuité totale ou partielle peut être accordée suivant la situation de famille. Les bleus de travail sont fournis par l'établissement.

Les familles des élèves titulaires des allocations familiales continuent à en bénéficier.

Par ailleurs, il est accordé aux familles des élèves du Centre une allocation complémentaire d'apprentissage allouée par l'Association Paritaire d'Action Sociale (A. P. A. S.) et fixée actuellement à 1 500 F par mois pendant la première année d'apprentissage, 1 800 F par mois pendant la deuxième année et 2 200 F par mois pendant la troisième année.

A l'issue de la troisième année, les élèves subissent les épreuves des Certificats d'aptitude professionnelle de leur spécialité et sont placés dans les entreprises.

2^o Cours professionnels pratiques réservés aux apprentis munis d'un contrat d'apprentissage.

Ces cours dont les programmes sont répartis sur trois années, sont obligatoires pour les apprentis pourvus d'un contrat d'apprentissage, travaillant dans les entreprises.

Ils comprennent trois sections :

— Une section réservée aux apprentis monteurs en chauffage.

— Une section réservée aux apprentis tôliers en ventilation de bâtiment.

— Une section réservée aux apprentis fumistes en bâtiment.

Ces cours auront lieu, 98, rue de Fontenay à Vincennes, à raison d'une journée entière par semaine, rétribuée par le patron d'apprentissage au même titre que si l'apprenti avait travaillé dans un atelier ou sur le chantier.

A l'expiration de leur troisième année d'apprentissage, les apprentis subissent les épreuves du Certificat d'aptitude professionnelle pour lequel ils se sont préparés.

Sous réserve qu'ils suivent assidûment les cours et que l'entreprise à laquelle ils appartiennent cotise à l'Association Paritaire d'Action Sociale, leurs familles perçoivent une allocation complémentaire d'apprentissage fixée à 1 500 F par mois pendant la première année, 1 250 F par mois pendant la deuxième année et 750 F par mois pendant la troisième année.

3^o Cours professionnels pratiques réservés aux jeunes ouvriers et aides.

Ces cours ont pour but de permettre aux jeunes gens travaillant dans la profession sans contrat d'apprentissage et aux aides désireux de devenir compagnons d'accéder après trois ans d'études aux épreuves du Certificat d'aptitude professionnelle de leur spécialité : monteur en chauffage, fumiste en bâtiment, tôlier en ventilation de bâtiment.

L'enseignement donné est essentiellement pratique.

Ils auront lieu, 98, rue de Fontenay à Vincennes, suivant un horaire qui sera indiqué en temps utile aux intéressés.

II. — Formation de dessinateurs-projeteurs en chauffage central et de métreurs en fumisterie et chauffage.

1^o Section technique.

Ces sections sont ouvertes depuis le 1^{er} octobre 1952.

Le cycle des études et leur sanction sont conformes à ceux des collèges techniques.

Durée de la formation professionnelle : quatre ans.

En fin de scolarité les élèves passent le Brevet d'enseignement industriel et le Certificat d'aptitude professionnelle de leur spécialité.

Les cours ont lieu de 8 heures à 18 heures, au Groupe Technique Maximilien-Perret, 98, rue de Fontenay à Vincennes.

Les élèves peuvent prendre leur repas de midi à la cantine.

Les candidats en quatrième doivent avoir treize ans au moins et quinze ans au plus au 31 décembre de l'année du concours.

Le Certificat d'études primaires ou niveau équivalent est exigé des candidats provenant de l'enseignement primaire; les élèves de l'enseignement du second degré doivent provenir d'une classe de cinquième.

Pour l'exercice 1953-1954 les jeunes gens de seize à dix-huit ans provenant des classes de troisième ou des cours complémentaires pourront se présenter en concours d'admission en seconde.

2^o Cours de méttré et de dessin linéaire.

Ce cours est réservé aux commis et employés travaillant dans les entreprises et désireux de se préparer aux épreuves du Certificat d'aptitude professionnelle de commis-mètre en fumisterie et chauffage.

L'admission à ce cours est subordonnée au résultat d'un examen d'entrée.

Ces cours auront lieu 98, rue de Fontenay à Vincennes, suivant un horaire qui sera indiqué en temps utile aux intéressés.

3^o Cours complémentaire de dessinateur-projeteur en chauffage.

Y sont admis les élèves ayant obtenu le Certificat d'aptitude professionnelle de dessinateur-projeteur et les jeunes gens appartenant déjà aux bureaux d'études des entreprises et qui satisfont à l'examen d'admission.

La scolarité est de deux années.

Les cours auront lieu, 98, rue de Fontenay à Vincennes, à raison de quelques séances par mois. Ils préparent les élèves au Brevet professionnel de dessinateur-projeteur en chauffage qu'ils subissent à l'expiration de la deuxième année.

Renseignements et inscriptions.

Tous renseignements utiles seront donnés sur demande et les inscriptions reçues par :

— Le Service Enseignement Professionnel de la Chambre Syndicale des Entreprises d'Installations Thermiques, rue de Lutèce, 3, Paris-IV^e. Tél. Odé. 03-80.

— Le Groupe Technique Maximilien-Perret, rue de Fontenay, 98, à Vincennes (Seine). Tél. Dau. 43-38.

La Chambre Syndicale s'arrête donc aux dessinateurs-projeteurs en chauffage. Pour la formation de techniciens en chauffage d'un niveau plus élevé, l'*École de Chauffage Industriel et Domestique*, 5, rue Michel-Ange à Paris-XVI^e, qui dépendait de l'Office Central de Chauffage Rationnelle, et dépend maintenant de l'*Institut Français des Combustibles et de l'Énergie*, dont M. Jean COMMELIN est le Délégué général, prévoit dans son programme annuel des différentes sessions (ingénieurs, contremaîtres de la chauffe), une session de quatre semaines, au mois de janvier, réservée tout spécialement au chauffage central et conditionnement d'air.

Le recrutement en a lieu sur titres : le niveau d'études exigé est relativement élevé; c'est ainsi que beaucoup d'ingénieurs des grandes écoles ayant leur activité, soit dans la profession même, soit dans le cadre des administrations ou des services publics se trouvent, tous les ans, à côté d'élèves qui ont déjà acquis de suffisantes connaissances pratiques du chauffage.

Le programme enseigné comporte, non seulement les combustibles et leur utilisation, ce qui est essentiellement du domaine de l'*Institut Français des Combustibles et de l'Énergie*, mais l'étude de la transmission de la chaleur, de son transport, des différents modes de chauffage, de ventilation et de conditionnement.

En tout une soixantaine de séances consacrées aux conférences, aux travaux pratiques, aux visites d'installations. Travaux écrits, interrogations orales, permettent de délivrer à ceux qui ont obtenu une moyenne de 13 minimum, le diplôme de technicien en chauffage.

A côté des écoles spécialisées, il faut mentionner l'enseignement du chauffage et du conditionnement d'air dans nos trois écoles d'architecture à Paris :

— *L'École Nationale Supérieure des Beaux-Arts*, 14, rue Bonaparte, Paris-VI^e, par M. A. MISSENARD;

— *L'École Spéciale d'Architecture*, boulevard Raspail, 254, Paris-XIV^e, par M. Ch. ROUGNON;

— Et *L'École Spéciale des Travaux Publics et du Bâtiment*, 57, boulevard Saint-Germain, Paris-V^e, par M. Ch. BARRAULT.

Des conférences, au nombre d'une vingtaine (chiffre d'ailleurs variable par école) permettent au professeur d'explorer les nombreux problèmes du chauffage et du conditionnement d'air et leurs solutions multiples.

Le but assigné n'est pas de former dans ces écoles d'architecture des ingénieurs spécialisés, capables de concevoir et de pousser jusqu'à l'exécution de tels projets, mais de leur enseigner ce qu'ils peuvent attendre des ressources très variables que leur offre la technique actuelle. En somme, c'est la description des systèmes de chauffage, envisagés du point de vue des incidences réciproques du bâtiment et de l'installation thermique, telles que propriétés thermiques des matériaux, agencement des locaux à destination de chaufferies, de stations de conditionnement d'air, passage des canalisations, choix des emplacements des surfaces chauffantes, apparentes ou incluses dans les parois, etc.

Dans le même ordre d'idées, il faut citer l'enseignement donné sous la direction de M. MISSENARD à l'*Institut Textile de France*, 59, rue de la Faisanderie, sur le chauffage des bâtiments industriels et spécialement sur le

conditionnement d'air et le séchage dans le textile : en tout 24 à 30 conférences, visites et interrogations. Les huit élèves annuels sont choisis parmi les ingénieurs diplômés des Grandes Écoles ou les candidats munis de références scientifiques très sérieuses.

A la chaire de chauffage industriel du *Conservatoire des Arts et Métiers*, 292, rue Saint-Martin, l'enseignement de M. le Prof. Marcel VERON, englobe la physique, la chimie et la mécanique, appliquées à la thermique.

Si l'entrée du Conservatoire est ouverte à tous et si des centaines d'élèves se pressent dans les amphithéâtres, le niveau exigé pour suivre ces cours de chauffage industriel d'une manière fructueuse, ne laisse pas d'être élevé; dans ce but, il a d'ailleurs été créé au C. N. A. M. même, un cours de mathématiques préparatoire, un cours préparatoire à l'enseignement des machines, un cours de physique générale.

Le cycle complet de l'enseignement de M. Marcel VERON comporte trois années de 50 conférences par an, soit 150 au total, dont les dernières — une vingtaine environ — traitent spécialement du chauffage et du conditionnement des locaux habités, étant entendu que beaucoup de notions indispensables ont déjà été exposées : combustibles, combustion, foyers, transmission de la chaleur, échangeurs thermiques, techniques de la vapeur, de l'eau chaude, de l'air chaud.

Les travaux pratiques s'étendent sur les deux premières années, pendant 70 séances et, en plus, il est exigé la solution de 24 problèmes ou projets dans le cycle des trois années.

Le règlement de délivrance du Diplôme d'Ingénieur C. N. A. M. dans la spécialité du chauffage industriel, exige d'autres certificats de cours connexes et de travaux pratiques correspondants :

1^o Métallurgie ou chimie appliquée aux matériaux de construction ou chimie industrielle ou chimie générale ou mathématiques ou machines.

2^o Machines, ou électricité, ou physique, ou construction civile, ou métrologie, ou chimie appliquée aux matériaux de construction.

En 1948, eut lieu une Session de l'*École Supérieure de Chauffage, Ventilation, Conditionnement*, organisée par M. MISSENARD, sous les auspices de la Chambre Syndicale des Entreprises d'Installations Thermiques, dans une salle mise à leur disposition par l'École Spéciale des Travaux Publics et du Bâtiment.

Le programme comportait :

a) Cinquante leçons sur l'enseignement classique du chauffage : calcul des déperditions thermiques, des chaudières, des chaufferies de chauffage central, des échangeurs et surfaces chauffantes, description et calcul des canalisations en thermosiphon, pompe, vapeur, dynamique des fluides.

b) Cinquante-cinq conférences dont voici les titres :

Fondement physiologique et biologique de la technique du chauffage, de la ventilation et du conditionnement de l'air. Physique de la chaleur. Théorie de la combustion. Emploi des combustibles solides, liquides, gazeux. Conduits de fumée. Équivalence thermique des ambiances. Intermittences. Connaissances d'électricité. Machines frigorifiques. Ventilateurs. Air humide. Conditionnement. Chauffage des grands locaux. Chauffage par air pulsé, ventilation. Chauffage par rayonnement, par vapeur sous-vide, par eau chaude à haute température. Chauffage urbain. Chauffage thermodynamique. Régulation, corrosion, Cahier des charges.

c) Des séances de bureau d'études, d'atelier, de visites d'installations thermiques et d'usines de construction de matériel.

Les huit élèves et auditeurs de cette session (18 avril au 30 juin 1948) montrèrent aux examens de clôture et aux discussions qui suivirent entre professeurs et élèves tout le profit que ceux-ci en avaient réellement recueilli.

Il est souhaitable que pareille expérience puisse se renouveler, sinon tous les ans, du moins tous les deux ou trois ans, suivant les possibilités de recrutement.

CONCLUSION DU PRÉSIDENT

Je remercie M. BARRAULT de son exposé très clair sur cette question capitale de la formation des ouvriers et des cadres de notre industrie.

DOCUMENTATION FRANÇAISE ET INTERNATIONALE EN CHAUFFAGE, VENTILATION ET CONDITIONNEMENT D'AIR

par M. CADIERGUES.

AVANT-PROPOS DU PRÉSIDENT

Je n'ai pas à vous présenter M. CADIERGUES, Directeur du Comité Scientifique et Technique de l'Industrie du Chauffage et de la Ventilation qui participe depuis plusieurs années à l'organisation de ces journées.

Vous avez déjà pu apprécier la clarté des exposés de M. CADIERGUES et sa compétence, quoique jeune encore, dans les différents domaines du chauffage et de la ventilation.

M. CADIERGUES revient d'Allemagne où il est allé lire une conférence que j'avais faite au sujet des tendances actuelles de l'industrie française, en matière de chauffage et de ventilation, n'ayant pu me rendre moi-même à Berlin en raison de ma surcharge de travail.

M. CADIERGUES a été reçu chaleureusement par nos collègues allemands, comme je l'avais d'ailleurs été moi-même en 1938.

Je profite de l'occasion pour les remercier à nouveau de cette réception et leur dire toute l'importance de nos contacts pour édifier cette Europe, objet des préoccupations généreuses de nos hommes d'État.

Introduction.

La documentation constitue à mon avis le prolongement naturel de l'enseignement et l'un des deux peut toujours, jusqu'à un certain point, compenser la faiblesse de l'autre.

Bien que les difficultés que l'on rencontre dans ces deux domaines soient assez totalement différentes, l'amélioration de notre technique est liée à l'amélioration de ces deux domaines : enseignement et documentation. C'est ce qu'on a fort bien compris en Angleterre où une création récente satisfait à la fois ces deux exigences et ce par des moyens qu'il me paraît intéressant de vous expliquer sommairement.

Enseignement technique du chauffage en Angleterre.

L'objet même de la conférence précédente étant l'enseignement français, je vais, en effet, me permettre de vous exposer, à titre de transition, comment l'Angleterre vient de résoudre le problème de l'enseignement technique du chauffage par la création du National College for Heating, Ventilating, Refrigerating and Fan Engineering, école supérieure technique qui est maintenant dans sa cinquième année d'activité.

Jusque là, la situation de l'enseignement du chauffage en Angleterre était très voisine de la nôtre, avec quelques cours et examens spécialisés assez réduits tels que ceux du City and Guilds of London Institute, analogue à notre Conservatoire, et ceux de l'Institution of Heating & Ventilating Engineers. Il faut signaler toutefois que, dès 1924, l'industrie anglaise du Chauffage avait fait une tentative tout à fait analogue à celle de notre École Supérieure dont a parlé tout à l'heure M. BARRAULT.

Après des négociations diverses, les industries du Chauffage et de la Ventilation, de la Réfrigération et de la Construction des Ventilateurs se sont mises d'accord avec le Ministère de l'Éducation pour créer ce National College anglais qui constitue une école supérieure, analogue à la fois à nos grandes écoles spéciales telles que l'École Supérieure d'Électricité et à notre Conservatoire des Arts et Métiers, et ce grâce aux diverses possibilités offertes aux élèves. En effet, sur 250 à 300 élèves, il y en a environ 1/3 pour chacune des possibilités :

Cours à temps complet;
Cours du jour à temps partiel;
Cours du soir.

L'École, présidée par Neville S. BILLINGTON, thermicien anglais de réputation internationale, a pu, grâce à l'appui des industries en particulier, étendre son activité :

— A la création d'un laboratoire de recherches, dont l'importance va continuellement croissante;

— A la création d'un service de documentation dont nous allons maintenant parler plus en détail.

Ce service de documentation est à la disposition, non seulement des élèves du Collège, mais également de toute autre personne qui peut consulter à la bibliothèque les publications reçues. Or ce service reçoit et dépouille pratiquement tous les ouvrages et une quantité appréciable de revues (70 environ) de notre domaine. En outre — et ceci est à noter — il publie tous les deux mois un bulletin d'analyses portant à chaque numéro sur une centaine d'ouvrages et d'articles intéressant le chauffage, la réfrigération et la ventilation; c'est actuellement, dans le monde entier, la seule tentative de cette importance et elle est extrêmement intéressante, la sélection des extraits étant assez sévère.

Enseignement technique et documentation en France.

Si j'ai insisté sur la situation en Angleterre, c'est parce que je crois qu'elle a bien des analogies avec la nôtre et qu'il est sans doute préférable de résoudre simultanément les problèmes posés par l'enseignement (scolaire et post-scolaire) et la documentation. Je vais maintenant me consacrer plus spécialement à ce dernier point.

Je reviendrai plus tard sur deux catégories de documents, à savoir :

— La documentation commerciale (caractéristiques des matériaux ou matériels de fournisseurs);

— La documentation destinée à la formation personnelle de base des techniciens.

Je ne considère pas ces deux catégories documentaires comme sans importance, mais je voudrais d'abord insister plus particulièrement sur la documentation technique des ingénieurs et techniciens pour ce qui concerne le chauffage et les techniques connexes.

Documentation technique.

J'estime que si l'on se limite à cette catégorie, et si l'on ne tient pas compte des articles de vulgarisation qui n'apportent rien, c'est un total d'au moins 2 millions de mots par mois que devrait envisager tout service de documentation honnête dans notre domaine. Cela représente cent heures de lecture environ, à supposer que le lecteur soit très au courant de nos techniques et lise aussi bien toutes les langues que le français. Compte tenu des pauses inévitables, on peut dire que ce technicien, d'ailleurs exceptionnel, pourrait passer son temps à lire les publications de chauffage ou techniques connexes sans que cela constitue une sinécure.

Je vous prie de croire que cette statistique n'a pas été exagérée pour les besoins de la cause. A notre Comité, où nous avons dû nous contenter d'une documentation encore incomplète, nous dépassons facilement la réception de 3 millions de mots par mois.

Je ne veux pas dire, d'ailleurs, que tout doit être retenu. Pour plus de précisions, si nous analysons ce que nous-mêmes faisons, ce qui — je le répète — est malheureusement encore incomplet :

— Sur titre, on peut sélectionner environ 200 articles par mois;

— Dans l'ensemble, 70 à 100 seulement présentent des éléments nouveaux, et compte tenu même de ce que souvent une faible partie de chacune des publications est intéressante, l'apport réel de cette documentation mensuelle pourrait être facilement limité à l'équivalent de 15-20 articles. Mais il n'en reste pas moins que, pour extraire les 100 000 mots intéressants, il faut en lire au moins 500 000. C'est encore une semaine de lecture par mois et il est totalement impossible de demander à nos ingénieurs :

— Ni de consacrer réellement ce temps à la documentation;

— Ni surtout à fortiori d'enregistrer mentalement cet ensemble.

A partir de là se pose donc le problème de l'organisation de la documentation, non pas pour le plaisir de collectionner, mais pour le besoin de réunir des éléments techniques dont on peut avoir besoin. Je ne veux pas faire un cours de documentalisme et je ne donnerai pas de

détails dans ma conférence sur l'organisation des classements, sur le remplissage des fiches etc., mais il se pose des problèmes généraux qu'il est important de résoudre.

Tout ce que je viens de dire montre que, sauf cas exceptionnels, il est nécessaire de recourir à des organismes spécialisés. Depuis de nombreuses années, deux organismes peuvent répondre à vos demandes de documentation :

Organismes spécialisés.

1^o Notre Comité, qui fournit à ses adhérents, sous forme « prédigérée » des études documentaires sur les divers aspects de nos techniques; je n'insisterai pas sur les services qu'il nous est possible de vous rendre : nous sommes à votre disposition pour vous renseigner plus complètement sur ce point;

2^o L'*Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, qui possède une bibliothèque recevant les principales revues de chauffage, qui en publie mensuellement des analyses sélectionnées, lesquelles sont classées dans un fichier accessible au public, qui comporte en outre des références non publiées.

Ce fichier est classé suivant une classification dite Le Cordonnier, d'après le nom de son auteur; je ne développerai pas ici en détail les procédés de classification qui sont tous assez imparfaits, mais il faut bien signaler également la Classification Décimale Universelle.

A côté des deux centres dont je viens de parler, il faut également signaler que l'*Institut Français des Combustibles et de l'Énergie*, fondé le 1^{er} janvier 1952, a parmi ses buts de centraliser, pour leur étude et leur discussion, les renseignements et documents français et étrangers concernant les progrès faits dans le domaine de l'utilisation rationnelle des combustibles et de l'énergie. Pour remplir un tel but, l'Institut possède un service de documentation dont le fonctionnement, déjà assuré, aura son plein développement lorsqu'il disposera de nouveaux bâtiments.

Je ne voudrais pas insister davantage sur ces centres spécialisés : ils sont à votre disposition, et vous avez tout intérêt à en profiter le plus possible. Je voudrais maintenant passer aux possibilités de documentation dans les entreprises privées. Bien entendu, cette documentation doit être plus ou moins importante, selon les entreprises, mais ce serait une erreur de croire qu'une très grande entreprise puisse s'assurer de toute la documentation sans recourir à des centres spécialisés, car il paraît des publications très intéressantes pour nos techniques dans des revues qui ne nous concernent pas directement et c'est l'art — et l'intérêt — des centres de documentation généraux que de faciliter le repérage de ces publications éparses.

Voyons donc les problèmes tels qu'ils se posent pour une entreprise d'installations thermiques, et cela en examinant successivement le matériel documentaire essentiel à manipuler.

Périodiques.

Voyons d'abord les périodiques :

Je laisserai de côté les périodiques correspondant à des langues qui ne sont pas normalement lues en France :

Za ekonomigu topliva (Économies de combustibles, U. R. S. S.);
Gigienia e Sanitarya (Hygiène et technique sanitaire, U. R. S. S.);
Varme (Chaleur, Danemark);
V. V. S. Tidskrift (Journal de Chauffage-Ventilation-Sanitaire, Suède);

Verwarming en Ventilatie (Chauffage et Ventilation, Hollande);

pour ne me préoccuper que de ceux qui peuvent être lus par nos ingénieurs (en langue française, italienne, allemande ou anglaise).

Les revues italiennes sont de deux sortes :

— La revue *Installatore Italiano*, qui correspond à nos revues d'installateurs et qui ne comporte qu'exceptionnellement des études originales;

— La revue *Termotecnica*, de niveau relativement élevé mais qui, comme notre revue *Chaleur et Industrie*, étant consacrée à tous les problèmes thermiques, ne comporte qu'une faible partie consacrée au chauffage d'ambiance et au conditionnement d'air (en moyenne une étude par numéro).

Je pense que ces revues ne sont importantes que pour de grands services de documentation.

Les revues allemandes essentielles sont :

— La revue mensuelle *Gesundheits-Ingenieur*, très connue en Europe, dont la moitié de chaque numéro est consacrée à nos techniques; cette revue contient — peut-être moins que jadis, mais toujours en proportion appréciable — des études importantes;

— La revue bimestrielle *Heizung-Lüftung-Haustechnik*, qui contient des études plus brèves mais souvent précises et assez riches; c'est l'organe de notre secteur créé par le V. D. I. (Union des Ingénieurs allemands), et on peut dire qu'actuellement c'est une très bonne revue technique;

— La revue bimestrielle *Allgemeine Wärmetechnik*, qui est analogue à notre revue *Chaleur et Industrie*, et qui contient des articles de caractère plutôt scientifique appliquée, originaux et souvent importants.

Toutefois, étant donné son caractère, je crois que cette dernière revue n'est guère à retenir que pour les grands services de documentation. Les deux premières, *Gesundheits-Ingenieur* et *Heizung-Lüftung-Haustechnik*, me paraissent par contre importantes pour une entreprise moyenne, dont quelques ingénieurs sont susceptibles de lire l'allemand.

Les revues suisses, qui exigent de leurs lecteurs la connaissance de l'allemand aussi bien que du français, sont surtout :

— La revue mensuelle *Die Installation*, qui réunit un grand nombre d'études déjà publiées dans d'autres revues, et qui réalise de ce fait une sélection extrêmement intéressante;

— La revue bimestrielle des ingénieurs de chauffage suisses, *Schweizerische Blätter für Heizung und Lüftung*, dont la composition est très analogue à notre revue française de l'A. I. C. V. F. et qui contient de ce fait un certain nombre d'articles originaux.

Nous nous permettons de recommander aux entreprises moyennes, possédant plus d'un ingénieur lisant l'allemand, la revue *Installation*, et aux entreprises importantes les deux revues suisses que nous venons de signaler.

Les revues anglaises sont de types assez différents :

— La revue mensuelle *Heating & Air Treatment Engineer*, est une revue de « vulgarisation » au sens non péjoratif du mot;

— La revue mensuelle *Industrial Heating Engineer*, est également un peu de ce type, mais contient de bonnes séries d'articles originaux et des analyses remarquables d'autres publications; malgré son titre, elle s'intéresse pratiquement beaucoup au chauffage domestique;

— La revue mensuelle *Journal of the Institute of Heating & Ventilating Engineers*, est la revue sans doute la plus remarquable en ce qui concerne la constance de la valeur des articles qu'elle contient; il n'y a pratiquement pas d'informations courantes et la revue est malheureusement réservée aux seuls adhérents de l'association anglaise Institute of Heating & Ventilating Engineers.

Nous nous permettons de recommander cette dernière revue à toutes les entreprises moyennes, et d'y ajouter *Industrial Heating Engineer* pour les entreprises un peu importantes.

Les revues américaines sont surtout :

— La revue mensuelle *Plumbing & Heating Journal*, qui est une revue de vulgarisation;

— La revue mensuelle *Heating & Ventilating*, dont la valeur est incontestable; on y trouve des renseignements de toute nature, sans atteindre à des niveaux scientifiques élevés, mais portant sur toutes les questions de détails que peuvent poser nos techniques; en outre, de remarquables feuilles de résumés reprennent les données essentielles;

— La revue mensuelle *Heating Piping & Air Conditioning* est analogue à la précédente pour une grande part; elle contient en outre les comptes rendus des séances de la Société Américaine des Ingénieurs de Chauffage et Ventilation, comptes rendus qui constituent souvent des études originales et remarquables.

Ces deux dernières revues sont à peu près indispensables pour les entreprises de moyenne importance.

Je ne citerai que pour mémoire la liste des revues françaises qui doivent vous être connues :

Bulletin COSTIC (réservé aux membres du COSTIC);

Bulletin de l'Association des Propriétaires d'Appareils à Vapeur; Chaud-Froid-Plomberie;

Chaussage-Ventilation-Conditionnement (Bulletin de l'Association des Ingénieurs de Chauffage et Ventilation);

Chaleur et Industrie (Thermique générale appliquée);

Équipement technique (Bulletin de l'Union des Installateurs); portant depuis peu le titre de *Sanitaire-Couverture-Plomberie-Chaussage*;

Flamme et Thermique (Bulletin de l'Association des Anciens Élèves de l'École de Chauffage industriel);

auxquelles on peut ajouter des revues plus générales :

Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics; Cahiers du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

Je donnerai également une liste d'autres revues qui peuvent compléter les listes précédentes pour les entreprises importantes ou spécialisées dans des domaines connexes :

Bulletin de l'Institut International du Froid;
Bulletin de la Société Française des Électriciens;
Revue Générale d'Électricité;
Mesures ou contrôle industriel;

en Allemagne :

Die Kälte;
Kältetechnik Zeitschrift;
Brennstoff, Wärme, Kraft;

en Angleterre :

British Coal Utilization Research Association (Monthly Bulletin & Quarterly Gazette);
Coke and Gas;
Combustion Engineering;
Combustion Engineering Association Journal;
Fluid Handling;
Journal of the Institute of Fuel;
Journal of the Royal Sanitary Institute;
Modern Refrigeration;
Power and Works Engineering;

aux États-Unis :

Bulletin of the National District Heating Association;
Refrigerating Engineering;
Factory Maintenance & Management.

Ouvrages.

Voyons maintenant les ouvrages, que nous allons classer en diverses catégories. Je ne donnerai de détails que sur des ouvrages sélectionnés, à l'exclusion d'autres ouvrages qui n'offrent qu'un intérêt réduit pour les bureaux d'études.

Avant d'aborder les ouvrages de chauffage proprement dits, il me paraît nécessaire de donner quelques indications sur des manuels généraux qui peuvent être utiles aux bureaux d'études :

— Techniques de l'Ingénieur (volumes à reliure mobile et révision périodique) comprenant surtout, pour les sujets qui nous intéressent :

Volumes Généralités (2 vol.) : Généralités théoriques (Unités, mathématiques, mécanique, physique, résistance des matériaux, chaleur, mécanique des fluides). Généralités pratiques (Tuyauteries, séparation des corps, manutention, monorails, documentation, normalisation, enseignement, organisation professionnelle, sécurité, brevets, transports, météorologie). Matériaux industriels (Matériaux de construction, eaux, isolants, combustibles, utilisation des combustibles, lubrifiants, produits chimiques, peintures, caoutchoucs, matières plastiques, textiles, papiers, cordages, fils et câbles, joints, dentés).

Volume Mécanique et Chaleur (1 vol.) : Préliminaires (Thermodynamique, résistance des matériaux, régulation automatique). Fumisterie et chauffage (Fumisterie industrielle, fours et chaufferies, gazogènes, chauffage, conditionnement). Moteurs thermiques (Machines à vapeur, turbines, condenseurs, moteurs à essence, moteurs à gaz, moteurs diesel, turbines à gaz, turbines hydrauliques, pompes). Air comprimé et froid industriel, mécanique appliquée.

Volumes Électrotechnique (2 vol.) : Introduction, articles généraux, matériaux, mesures, machines, distribution, installations, applications de l'électricité, électrolyse.

Traité du Bâtiment (Eyrolles, éd.), collection dirigée par G. DUBOIS D'AUBERVILLE et P. PEIRANI. Sont parus dans cette collection, destinée à donner des indications essentielles sur les techniques du bâtiment, et qui sont

de ce fait — en dehors du chauffage — suffisantes pour nos bureaux d'études :

- G. BRIGAUX, *La maçonnerie;*
Y. GASC, *Les fondations;*
Y. GASC, *Les échafaudages. L'outillage de chantier;*
G. BRIGAUX, *Menuiserie. Serrurerie. Quincaillerie;*
J. DUPUIS, *L'évaluation des bâtiments (Métré et estimation);*
E. GUSTIN, *Les charpentes métalliques;*
J. FERRIÈRE-R. VIGIER, *Constitution technique et administrative des dossiers de construction;*
A. MOUCHET, *La couverture. Étanchéité des toitures-terrasses;*

A paraître prochainement (d'autres ouvrages complèteront ultérieurement la collection) :

- E. BERNARD, *La peinture et la vitrerie;*
M. LEBLANC-J. DOURGNON, *L'électricité et l'éclairage dans le bâtiment;*
R. CADIERGUES, *Isolation et protection des bâtiments (Isolation thermique et acoustique; protection contre l'humidité, l'incendie, la corrosion, les intempéries, etc.).*

Voyons maintenant les traités :

— A. MISSENARD-R. GIBLIN, *Cours Supérieur de Chauffage, Ventilation et Conditionnement d'Air* (Eyrolles, éd.):

Tome I. — Principe et description des installations;
Tome II. — Étude théorique générale;
Tome III. — Calcul des projets et des installations;
Tome IV. — Compléments divers;
Tableaux (en pochette).

Cet ouvrage est désormais classique en France, et il ne me paraît pas nécessaire d'insister. On peut trouver toutefois des renseignements modernes complémentaires dans une autre publication des mêmes auteurs :

R. GIBLIN-A. MISSENARD, *Chauffage Central, Techniques de l'Ingénieur*, Volume Mécanique et Chaleur (documents revisés périodiquement).

Pour les ouvrages étrangers, nous noterons surtout :

— H. GROBER-F. BRADTKE, *H. Rietschels Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik* (Springer Verlag, Berlin). Je cite volontairement ici le texte allemand, car il s'agit de la douzième édition, non encore traduite en français, qui est complètement remaniée, et beaucoup plus valable que celle publiée actuellement dans notre langue.

— A. S. H. V. E. (American Society of Heating and Ventilating Engineers), Guide. Cet ouvrage, réédité chaque année, après des révisions souvent complètes de chapitres ou parties de chapitres, tend à devenir un ouvrage indispensable, bien que souvent inadapté à nos techniques européennes.

— O. FABER-J. R. KELL, *Heating and air conditioning of buildings* (Architectural Press, éd.). Cet ouvrage, écrit par deux éminents ingénieurs anglais, présente des chapitres extrêmement intéressants, aussi bien par rapport à la documentation allemande que par rapport à la documentation américaine.

Je citerai également quelques traités américains qui présentent des parties intéressantes :

— W. H. SEVERNS-J. R. FELLOWS, *Heating, Ventilating and Air Conditioning Fundamentals* (Wiley, éd.);

— R. H. EMERICK, *Heating Design and Practice* (Mac Graw Hill, éd.).

Bien qu'il ne soit pas indispensable à tous les bureaux d'études de se pencher sur les données fondamentales de nos techniques, il est parfois indispensable d'approfondir certaines questions de *transmission de chaleur ou de mécanique des fluides*. Nous recommandons pour cela :

W. MAC ADAMS, *Transmission de la chaleur* (Dunod, éd.), ouvrage américain universellement connu;

M. JAKOB, *Heat Transfer* (Wiley, éd.), ouvrage sur de nombreux points, remarquable.

Pour la mécanique des fluides :

R. GÖENAGA, *Calcul des pertes de charge. Mesure des pressions en aédraulique* (Trait d'Union Ventil n° 8);

A. SCHLAG, *L'écoulement en conduite des liquides, gaz et vapeurs* (Dunod, éd.);

et pour un exposé plus général et détaillé de mécanique des fluides théorique et expérimentale :

E. SCHLICHTING, *Grenzschicht. Théorie* (G. Braun, éd.).

Il peut être également utile à certains techniciens d'approfondir les questions de *combustion*. Pour ces problèmes, nous recommandons :

M. VERON, *Traité de Chauffage*, t. I (Dunod, éd.) [à remettre à jour éventuellement par les cours du même auteur à l'École Centrale ou au Conservatoire National des Arts et Métiers];

W. GUNZ, *Kurzes Handbuch der Brennstoff- und Feuerungstechnik* (2^e éd., Springer, éd.).

Il peut être également nécessaire, dans certains cas, de reprendre les études fondamentales de *thermo-physiologie* ou de *physiologie de la ventilation*. On pourra recourir à :

A. MISSENARD, *Étude physiologique et technique de la Ventilation* (Eyrolles, éd.);

A. MISSENARD, *La chaleur animale* (Presses Universitaires de France);

M. ISTIN, *L'air confiné* (Dunod, éd.);

F. BRADTKE-W. LIESE, *Hilfsbuch für raum- und Aussenklimatische Messungen* (Springer Verlag).

Pour le *calcul des déperditions*, il faut recourir évidemment à :

Méthode de calcul des déperditions thermiques des locaux en régime continu (éd. I. T. B. T. P.-A. I. C. V. F.);

qui est complété par :

Comité Technique de l'Industrie du Chauffage et de la Ventilation : Rapport n° 2, *Éléments de calcul de la transmission continue de la chaleur*;

Rapport n° 4, *Documentation statistique sur les températures minima en France*.

Sur les problèmes de régimes variables et de calcul des charges climatiques d'été :

A. NESSI-L. NISOLLE, *Régimes variables de fonctionnement dans les installations de chauffage central* (Dunod, éd., 1925);

A. NESSI-L. NISOLLE, *Méthodes graphiques pour l'étude des installations de chauffage et de réfrigération en régime discontinu* (Dunod, éd., 1929);

A. NESSI-L. NISOLLE, *Résolution pratique des problèmes de discontinuité de fonctionnement dans les installations de chauffage central* (Dunod, éd., 1933);

Comité Technique de l'Industrie du Chauffage et de la Ventilation : Rapport n° 3, *Tables de calcul pour le chauffage intermittent*; Rapport n° 5, *Étude des apports de chaleur par insolation*; Rapport n° 6, *Fonctions d'influence de flux de chaleur des parois de construction*.

Sur toutes les questions de *thermique architecturale*, d'excellentes indications sont données par :

J. S. CAMMERER, *Konstruktive Grundlagen des Wärme- und Kälteschutzes im Wohn- und Industriebau* (Springer, éd.);

N. S. BILLINGTON, *Thermal properties of buildings* (Cleaver Hume Press, éd.).

Pour l'ensemble des problèmes de *ventilation* et techniques connexes, on doit signaler un ouvrage bref et précis rédigé sous la direction de L. NISOLLE :

V. I. M., *Manuel de ventilation, de chauffage, conditionnement d'air, tirage mécanique, dépoussiérage et séchage* (Gauthiers-Villars, éd.).

Pour les *combustibles et générateurs*, il faut retenir surtout :

Cours d'Enseignement Supérieur de Chauffage Industriel de l'Office de Répartition du Charbon (*Chaleur et Industrie*, éd.);

E. BIARD, *Technique d'utilisation du gaz* (Sennac, éd.);

C. M. BUCKHARDT, *Domestic oil burners* (Mac Graw Hill, éd.);

et éventuellement, bien qu'essentiellement descriptif :

M. GALETIN, *Le chauffage au mazout* (Chaud-Froid, éd.).

Pour le *chauffage électrique* :

J. FREROT, *La technique du chauffage électrique* (Gauthier-Villars, éd.).

Et pour la *pompe de chaleur* :

C. BOILEAU-R. ZANIROLI, *Le chauffage thermodynamique* (Dunod, éd.)

et un certain nombre d'ouvrages américains dont le plus utilisable paraît :

P. SPORN-E. R. AMBROSE-T. BAUMEISTER, *Heat Pumps* (Wiley, éd.).

Pour le *chauffage par rayonnement* :

T. N. ADLAM, *Radiant Heating* (Industrial Press, éd.);

R. SHÖEMAKER, *Radiant Heating* (Mac Graw Hill, éd.);

HELD-KOLLMAR, *Die Strahlungsheizung*.

Pour le *traitement des eaux*, il n'y avait, jusqu'à une date récente, que des ouvrages anglo-saxons ou allemands, mais il est paru depuis peu un ouvrage français remarquable :

Mémento technique de l'eau (Degremont).

En *chauffage urbain*, il est absolument indispensable de citer l'ouvrage :

National District Heating Association Handbook qui, bien que d'origine américaine, fournit des renseignements en grande partie utilisables en France.

Sur les problèmes de *ventilateurs*, il faut recourir soit à :

DE RËDT, *Traité théorique et pratique des ventilateurs centrifuges* (Chevalier, éd.);

DE RËDT, *Traité théorique et pratique des ventilateurs hélicoïdaux* (Chevalier, éd.);

soit à un ouvrage allemand remarquable, mais destiné beaucoup plus aux constructeurs qu'aux utilisateurs :

B. ECK, *Ventilatoren* (Springer, éd.).

Il faut signaler, en *régénération*, un ouvrage extrêmement récent et remarquable qui, malgré son titre modeste, fournit des renseignements valables pour les ingénieurs aussi bien que pour les monteurs. Il s'agit de :

Cours de montage et d'entretien des installations frigorifiques (Bonnier);

ainsi qu'évidemment :

A. S. R. E. (American Society of Refrigerating Engineers), *Data Book* (2 vol.).

Pour les *isolants*, le seul ouvrage acceptable en français est :

L. MIRONNEAU, *Isolants et technique de l'isolation* (Baillière, éd.).

Pour la *régulation automatique*, le seul ouvrage français est pratiquement, outre une série de conférences au C. N. A. M. (publiées par SENNAC) :

F. GHILARDI, *Techniques de l'automatisme* (Girardot, éd.).

Il n'existe pas, à notre connaissance, d'ouvrage étranger consacré à la régulation automatique pour nos seuls problèmes, et ceux que nous connaissons, qui sont consacrés aux problèmes généraux de régulation automatique, ne consacrent à nos techniques que peu d'attention.

Pour le *séchage*, un bon résumé des techniques est donné par :

P. RAZOUS, *Théorie et pratique du séchage industriel* (Dunod, éd.).

Pour ce qui concerne enfin la *réglementation*, il faut posséder deux ouvrages fondamentaux :

Chambre Syndicale des Entreprises d'Installations Thermiques, Règlements concernant les travaux de la profession;

Groupement des Associations de Propriétaires d'Appareils à Vapeur, *Réglementation des appareils à vapeur autres que ceux placés à bord des bateaux*.

Documentation technologique.

Voilà, d'après notre bibliothèque, les ouvrages qui nous paraissent les plus utiles. Il ne s'agit pas d'une bibliothèque complète, loin de là; en effet, il nous a paru qu'il serait beaucoup plus profitable de proposer une sélection d'ouvrages plutôt que de donner une liste complète, même commentée. Nous nous excusons par avance des oubliés involontaires que nous aurions pu faire.

J'ai dit, au début de mon exposé, que je reviendrais sur la question des publications destinées aux techniciens (monteurs, etc.). Il est certain que, sur ce point, notre littérature française est extrêmement pauvre et c'est, soucieuse d'éviter cette défaillance, que l'Union des Chambres Syndicales de Chauffage de France a entrepris de préparer un *Manuel du Monteur*. C'est un ouvrage dont la réalisation est évidemment délicate, mais nous espérons qu'il verra le jour prochainement, ce qui comblera une lacune grave.

Documentation commerciale.

J'ai dit également que je reviendrais sur la documentation commerciale. Ce point peut paraître assez négligeable, mais il est bien certain que nos bureaux d'études, soit d'ingénieurs-conseils, soit d'entreprises, perdent un temps considérable parce que les documents remis par de nombreux fabricants sont conçus avec un souci publicitaire exagéré et mal compris, et sont limités à l'énumération de superlatifs littéraires, sans aucune indication numérique — ou presque — sur les caractéristiques du matériel proposé. On peut dire par exemple que les feuilles remises par certains fabricants de brûleurs à mazout paraissent conçues avec l'idée que l'installateur ou l'ingénieur-conseil est un enfant, et qu'il lui suffit de savoir que l'objet qu'on lui propose est le plus simple, le plus économique ou le plus automatique du monde. Sans dire qu'il s'agisse d'ouvrages parfaits, en particulier quant à leur format, on peut bien dire que les petits opuscules remis par les grandes sociétés fabriquant des chaudières et radiateurs en fonte constituent des documents de travail très appréciés, sur lesquels beaucoup de fabricants devraient prendre plus ou moins modèle. On peut d'ailleurs aller beaucoup plus loin, et préciser dans ces documents technico-commerciaux des conditions numériques d'applications permettant de choisir le produit adéquat dans une gamme de produits semblables.

Prévisions pour l'avenir.

Ceci me conduit à la dernière partie de mon exposé qui jusqu'ici était, si je puis dire, historique. Or, si j'ai fait bien des critiques à notre documentation actuelle, c'est parce que je pense que ces critiques sont nécessaires pour nous permettre d'agir et de porter éventuellement remède aux insuffisances actuelles. Ce que nous allons donc examiner maintenant, c'est l'action que nous proposons pour le futur, et j'espère que la discussion permettra d'ajouter de fructueuses suggestions à celles que nous allons faire.

Pour ce qui concerne les monteurs, nous avons signalé l'effort entrepris par l'Union des Chambres Syndicales de Chauffage de France.

Pour ce qui concerne les documents techniques pour ingénieurs, notre Comité a décidé de créer une « Collection du Comité Scientifique et Technique de l'Industrie du Chauffage et de la Ventilation » qui débutera cette année et qui doit se poursuivre au rythme d'environ trois volumes tous les deux ans, volumes consacrés à des aspects spéciaux de notre technique. Le premier ouvrage à paraître sera consacré aux pompes et à leurs applications. D'autres sont actuellement en cours d'étude mais, suivant les traditions de l'édition, je ne donnerai pas de détails sur ces ouvrages futurs. Ils seront distribués gracieusement à nos adhérents, mais nous avons tenu à ce

que chacun puisse en profiter et ils seront publiés par les Éditions Eyrolles et vendus normalement dans le commerce. Ils seront rédigés par des auteurs choisis par notre Comité, mais ne faisant pas obligatoirement partie de ses membres ou de son personnel. Il s'agit donc plutôt de ce que nous espérons être une marque de qualité. Ce sera en même temps un travail classé par ordre d'urgence, car nous nous attaquerons d'abord aux sujets sur lesquels la documentation française est pauvre.

Enfin, en ce qui concerne la documentation technico-commerciale, remise par les fabricants à nos installateurs et ingénieurs-conseils, nous avons étudié plusieurs projets qui ont été soumis à quelques directeurs de sociétés

fabricant du matériel de chauffage ou connexe. Le succès de nos propositions, malgré des critiques diverses, est incontestable auprès des sociétés sérieuses auxquelles nous nous sommes adressés. Nous souhaitons vos interventions, vos critiques et vos propositions pour que l'étude de nos projets passe maintenant au stade de la mise au point définitive.

Après la discussion que je souhaite abondante, je me tiendrais à la disposition des auditeurs auprès du stand-exposition de documentation, ceci afin de compléter ma conférence de tous les renseignements précis qui pourraient vous être nécessaires.

CONCLUSION DU PRÉSIDENT

Je remercie M. CADIERGUES de son exposé très documenté et pour pallier les omissions dues à sa modestie, je signale qu'il est co-signataire du traité de Chauffage et Ventilation, dans le gros traité d'ensemble du Bâtiment de MM. DUBOIS D'AUBERVILLE et PEIRANI.

DISCUSSION

M. HERODY. — Je me dois de prendre la parole le premier parce que je suis un des plus anciens. On a cité le nom de M. Maximilien PERRET et comme j'ai très bien connu M. PERRET, qui était le Président de la Chambre Syndicale de Couverture-Plomberie à Paris, quand j'étais Président de la Chambre de Fumisterie, Chauffage et Ventilation, je crois, aujourd'hui où son nom est cité, qu'il est bon de dire qui était cet homme.

Chef d'une entreprise peu importante de couverture-plomberie, M. PERRET était d'un dévouement absolu pour tout ce qui concernait son métier et, en particulier, pour toutes les questions d'apprentissage et de formation des cadres.

M. PERRET a passé la majeure partie de sa vie à essayer de mettre au point, non seulement l'apprentissage, mais en même temps l'organisation sociale, si bien que, lorsque l'on a constitué les Centres d'aide à la profession et la Caisse primaire d'assurance du bâtiment, la première qui ait été créée, rue Pierre-Levée, elle a été appelée Dispensaire Maximilien PERRET. Et comme il avait en même temps monté, sur les principes de M. KULA père et avec la collaboration des fils KULA, l'école de la rue Daubigny, qui est passée ensuite rue des Haies, le tout a été repris par l'Enseignement Technique, il était normal que le Centre de Vincennes qui vient de se créer, soit placé sous le nom de Maximilien PERRET.

J'ai été heureux de voir M. BARRAULT, qui est un des piliers de la maison, exposer l'ensemble de tout ce qui s'y fait et de voir que M. CADIERGUES reprenait la suite.

Je vais maintenant étendre mon intervention pour d'autres raisons. Le Centre Maximilien PERRET, pour l'apprentissage, est un centre extrêmement important, mais un centre comme celui-là n'est à envisager que dans des villes de l'importance de Paris et, cependant il est nécessaire que toutes les professions puissent s'instruire et trouver des élèves, des apprentis et des ouvriers. C'est pourquoi il a été mis en avant une idée dont vous a parlé M. CADIERGUES, c'est le Manuel de l'ouvrier monteur. Ce manuel comprend 150 leçons, réparties en principe en trois ans, 50 leçons par an, une par semaine plus deux semaines de vacances. Il donne des éléments à l'artisan qui a un apprenti.

Le but est de donner à l'apprenti non seulement le goût du travail qu'il apprend chez l'artisan, mais aussi tous les éléments de la technologie du bâtiment proprement dit, et des métiers annexes au chauffage.

Ce manuel n'est pas encore au point. Nous avions pensé trouver une aide qui nous a fait défaut. Actuellement la rédaction est en cours; il est absolument indispensable que cet enseignement se fasse et ce manuel pourra, on peut l'affirmer, servir pour toute la province. Les parents qui mettront un enfant chez le professionnel du village ou du canton, verront cette éducation suivie par une école régionale qui aura fourni le manuel, et recevra les devoirs que l'enfant fera par correspondance.

Au bout de trois années, il pourra alors être dirigé sur une école pendant trois mois, afin de redresser ses erreurs, en un mot de le perfectionner. Dans ces écoles, il faudra qu'il y ait, à mon sens, non seulement des professeurs, mais des moniteurs aptes à créer des chefs d'équipe.

Voilà un des points qui ont servi de base à notre projet d'organisation.

Au point de vue documentation, je suis depuis des années déjà, le délégué de la Documentation Internationale de l'Union Internationale, créée avec M. BERTRAND. Je ne peux pas, à moi seul, rassembler toutes les revues qui me sont adressées. Heureusement je suis en relations avec l'*Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics* et avec M. CADIERGUES, et grâce au travail, fait en commun, je peux trimestriellement documenter toutes les Unions étrangères en leur envoyant le résumé de tous les ouvrages qui ont été examinés, auxquels il faut ajouter notre revue.

M. MISSENARD. — Merci beaucoup de ces précisions.

M. FICHARD. — J'insisterai sur un seul point des questions qui ont été évoquées, celui d'éviter les superpositions d'études dans les divers pays, sans possibilité de s'informer de ce qui se fait ailleurs.

Nous voudrions éviter la dispersion des efforts. C'est d'ailleurs un vœu qui a été énoncé au cours des journées dont vient de parler M. le Président HÉRODY. Il faudrait que nous mettions sur pied (nous ne pouvons pas faire cela en séance), avec la collaboration des personnes responsables dans chaque pays, un Bureau d'informations qui serait averti de toutes les études en cours, de façon à éviter que nous passions en plusieurs points le même travail. Les progrès en seraient d'autant plus rapides.

Je fais cette modeste suggestion pour laquelle les moyens matériels et intellectuels seront à mettre au point.

M. MISSENARD. — Il serait intéressant d'avoir un organisme qui étudierait toutes les revues et publierait un bulletin dans les différentes langues parlées dans l'Union.

M. FICHARD. — Je parle même des recherches, abstraction faite des publications. C'est peut-être difficile à organiser, cela suppose une discipline dans chaque pays de toutes les personnes qui s'attachent à des recherches.

M. MISSENARD. — Il avait été question, avant 1939, de constituer un Institut international du Chauffage dont le siège devait être Paris. Mais depuis 1939 il s'est passé tant de choses que le projet a été ajourné.

M. FICHARD. — Les circonstances sont autres aujourd'hui. Nous parlons d'Europe, il faut la constituer, sur ce terrain au moins pour commencer et ce sera peut-être plus rapide que sur l'autre.

M. ROUILIER. — En écoutant l'exposé de M. BARRAULT et celui de M. CADIERGUES, une question s'est présentée, à laquelle M. HÉRODY a répondu en partie, c'est la question de l'enseignement et de la documentation pour les provinciaux. Nous ne sommes pas à la source de tout ce qui se fait à Paris. M. HÉRODY a parlé du Manuel du monteur, plus spécialement destiné aux ouvriers, mais est-ce qu'il y aurait la possibilité d'avoir un enseignement par correspondance pour les dessinateurs, projeteurs, ou dans ce genre ?

M. MISSENARD. — Je crois que M. BARRAULT peut documenter M. ROUILIER sur l'enseignement par correspondance qui existe effectivement.

M. BARRAULT. — C'est un problème personnel et je suis très confus. Évidemment, je peux faire par correspondance, le cours que je fais à la Chambre Syndicale mais ce sont alors des leçons particulières. Je ne sais pas si je puis faire ici de la réclame personnelle, ce dont j'ai horreur. Mais enfin, le cas échéant, je suis à la disposition de ces Messieurs pour les documenter.

M. MISSENARD. — N'existe-t-il pas d'enseignement par correspondance à l'Ecole des Travaux Publics?

M. BARRAULT. — Non, ce cours a été abandonné.

M. HÉRODY. — Je puis répondre que cette préoccupation est également la mienne depuis longtemps, et que les revues dans leurs articles s'efforcent toujours d'atteindre ce but, mais on ne peut que déplorer qu'un trop petit nombre de ces revues donnent satisfaction sur ce point et c'est cependant le seul moyen d'intéresser beaucoup de personnes et d'obtenir leur collaboration.

Quant à la documentation livresque qui se trouve, en pratique, réunie à Paris et dont la province, d'après ce que nous dit M. ROUILIER devrait également profiter, je dois vous avouer que j'ai déjà pensé à rédiger un article sur ce sujet en soulignant la tâche accomplie par M. CADIERGUES et en invitant les professionnels à adhérer à nos organismes qualifiés où ils trouveront la toute la documentation désirable.

M. ROUILIER. — Il serait intéressant que certaines spécialités, en particulier les dessinateurs, ou métreurs qui n'ont pas besoin d'un apprentissage manuel, d'une habileté manuelle, aient la possibilité de profiter des enseignements qui se font à Paris; il faut noter aussi, au point de vue documentation, qu'il est également assez difficile aux gens de province de profiter de la documentation réunie à Paris. Là, le problème est peut-être insoluble.

M. MISSENARD. — M. BILLINGTON, avez-vous pu vous faire une opinion sur l'efficience de votre enseignement ?

M. BILLINGTON. — Comme il a été dit, le collège anglais fonctionne depuis cinq ans. Il y a environ 60 projeteurs élèves par an, plus une dizaine d'étudiants qu'on appelle « gradués », c'est-à-dire à peu près licenciés, qui participent d'ailleurs aux travaux de recherche au laboratoire.

Il semble que les employeurs soient très satisfaits des résultats obtenus par le collège. Il faut remarquer que l'enseignement donné par ce collège ne porte pas seulement sur le chauffage et la ventilation, mais également sur les sciences de base (mécanique, électricité, physique, etc...), de telle sorte qu'on peut être sûr d'avoir une formation fondamentale chez ces élèves.

Il y a, en outre, un jour par semaine, pendant cinq ans, un cours pour les travailleurs manuels. Sur ce point-là il semble qu'on rencontre certaines difficultés dues à ce que les élèves ont tendances à se reposer au lieu de travailler.

Souhaitez-vous des renseignements complémentaires ?

M. DEMONCY. — Ce collège est-il unique, ou y a-t-il d'autres institutions ?

M. CADIERGUES. — Il est unique et fondé par l'Industrie du chauffage, de la ventilation et de la réfrigération et les fabricants de ventilateurs.

M. DEMONCY. — Ce que je déplore en France, c'est le trop grand nombre d'institutions.

M. CADIERGUES. — C'est l'industrie qui a fondé cette organisation d'accord avec l'État.

M. MISSENARD. — L'État le subventionne-t-il ?

M. CADIERGUES. — Non, l'industrie.

M. BILLINGTON. — Il est regrettable que la tendance française soit d'avoir plusieurs écoles de chauffage. Je souhaiterais qu'il y ait un seul organisme, une seule école. On en voit déjà une demi-douzaine qui groupe dix, douze, treize élèves.

M. MISSENARD. — C'est un des soucis de l'Institut des Combustibles et de l'Energie, qui s'est ému de voir que le même enseignement pouvait être répété dans différentes écoles à un nombre limité d'élèves et l'Institut se propose d'examiner dans quelle mesure les cours pourraient être plus ou moins fusionnés. On se heurte à l'esprit de particularisme français, mais il est certain qu'il y aurait tout intérêt à avoir une seule école. Quand l'Office central de Chauffe rationnelle occupera ses nouveaux bâtiments et disposera de laboratoires pour manipulations et recherches pratiques ce sera, je crois, beaucoup plus facile d'y attirer d'autres organismes qui, actuellement, font leurs cours dans leurs propres locaux.

M. FICHARD. — Monsieur le Président, vous savez par expérience les difficultés auxquelles nous nous sommes heurtés et elles sont le plus souvent d'ordre économique. Je crois que le résultat pourrait être atteint si on envisageait, à l'instar de ce qui se fait en Grande-Bretagne, des bourses dont bénéficieraient les étudiants les plus méritants, sur l'ensemble du territoire.

M. MISSENARD. — Bourses de quelle origine ?

M. FICHARD. — Bourses provenant de l'État ou des municipalités, ou même de notre industrie. Il y a là quelque chose à étudier. Vous savez que nous nous sommes heurtés à la difficulté, pour les entreprises, de financer directement l'éducation et l'instruction de candidats ingénieurs, uniquement à cause des sacrifices financiers que cela comportait, sans avoir la certitude que l'entreprise bénéficierait finalement des efforts qu'elle aurait faits.

M. MISSENARD. — Et cependant, on a pu constater les excellents résultats obtenus; en quelques semaines ces élèves ont appris beaucoup de choses. Ils connaissaient déjà le métier et

quand ils se sont trouvés devant certaines questions, ils ont été « accrochés » beaucoup mieux que des élèves ignorant notre industrie.

M. HÉRODY. — Ce sont des élèves qui sont déjà dans l'industrie, qu'on détache et qui profitent mieux de cet enseignement complémentaire.

M. MISSENARD. — Je veux insister sur la nécessité de bien définir la terminologie. D'abord, c'est un procédé d'enseignement. Par exemple quand un élève sait ce qu'est un écart de fonctionnement dans un radiateur d'eau chaude, cela l'oblige à apprendre ce qu'est un chauffage à eau chaude. L'École des Mines, me disait-on l'autre jour à une commission d'enseignement impose aux élèves qui vont entrer à l'École d'apprendre par cœur un « catéchisme » qui porte essentiellement sur la terminologie.

Je crois que l'exemple est à retenir et à la place de certains cours il devrait y avoir des leçons de terminologie que les élèves devraient connaître par cœur.

M. DEMONCY. — Il y a déjà souvent confusion entre nous.

M. MISSENARD. — Et pourtant nous sommes censés parler le même langage.

M. SQUASI. — En Italie, l'Association Thermotechnique italienne a fondé des Comités techniques nationaux des diverses branches de la thermique. Nous avons déjà publié, dans notre journal, *La Termotecnica*, un tableau de terminologie; mais c'est seulement une première base pour développer cette terminologie du chauffage, de la ventilation et du conditionnement.

M. MISSENARD. — C'est très important et il faut essentiellement définir les termes employés.

Je disais qu'en matière de formation des éléments subalternes des entreprises, pour les monteurs en particulier, on n'insistera jamais assez, sur le fait que l'enseignement primaire doit avoir essentiellement pour but d'apprendre à lire, à écrire, à compter, à la perfection. Trop de nos ouvriers ne se sont pas perfectionnés après l'école, parce qu'ils ont mal su lire, alors que s'ils lisaient très bien, ils ne reculerait pas devant l'étude d'un ouvrage.

J'insiste parce qu'il apparaît que beaucoup de jeunes instituteurs n'y attachent plus la même importance que les vieux. Autrefois, les vieux instituteurs apportaient tous leurs soins aux connaissances instrumentales; le résultat était supérieur puisque, actuellement, on trouve dans les régiments de véritables intellectuels.

Il paraît que dans certaines régions 25 % des recrues ne savent plus lire parce que ne sachant pas bien lire à 13 ans, ils ont trouvé que c'était trop pénible et ils ont perdu ce qu'ils savaient.

C'est pourquoi je crois que l'enseignement devrait être conçu de cette façon : apprendre d'une manière parfaite les bases, les techniques instrumentales à l'école et après, mettre entre les mains de ces gens des documents dans le genre du manuel dont nous parlons, qui leur permettraient d'apprendre un métier et nous aurions ainsi des ouvriers connaissant bien leur profession. Je m'excuse, mais dans la mesure où nous pouvons intervenir les uns et les autres auprès de l'enseignement primaire, auprès des instituteurs en particulier, il faut leur dire qu'ils apprennent surtout à lire, à écrire, à compter et que les notions d'histoire naturelle, de science ou d'histoire, doivent passer en deuxième plan.

UN ASSISTANT. — Je voulais dire un mot au sujet de la question importante des unités. Il y a là, pour moi, un point important. Les gens ne savent pas toujours s'exprimer d'une façon correcte. Par exemple, quand on parle de pression, on parle de kg au lieu de parler de kg/cm²; on confond l'énergie avec le travail; les gens parlent de kW pour des kWh. Les revues françaises ne donnent pas toujours d'une façon correcte les abréviations d'unités. Je crois qu'il faut reprendre ces erreurs et exiger une écriture correcte des unités et de leurs abréviations.

M. MISSENARD. — Vous avez mille fois raison.

(Reproduction interdite.)

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

ÉDITÉ PAR LA DOCUMENTATION TECHNIQUE DU BÂTIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS, 19, RUE LA PÉROUSE, PARIS-XVIE.

13.898-9-53. — ARRAUT et Cie, Maîtres Imprimeurs à Tours (France). Dépôt légal : 3^e trim. 1953.

(Ann. I. T. B. T. P. Le Directeur-Gérant : P. GUÉRIN.)

SUPPLÉMENT AUX
ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

SEPTEMBRE 1953

Sixième Année, N° 69.

Série : ÉQUIPEMENT TECHNIQUE (XXXIX).

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SÉANCE DU 6 MAI 1953

SOUS LA PRÉSIDENCE DE **M. André CLAUDE**,
Président de l'Association Française des Éclairagistes.

**INTRODUCTION GÉNÉRALE
AUX ÉTUDES D'ÉCLAIRAGE NATUREL**

Par **M. J. DOURGNON**,

Secrétaire du Comité Français de l'Éclairage et du Chauffage, Ingénieur E. S. E., licencié ès sciences.

**ÉTUDES ANGLAISES, SUÉDOISES ET ALLEMANDES
D'ÉCLAIRAGE NATUREL**

PAR

M. R. G. HOPKINSON,

Ingénieur à la Building Research Station.

M. G. PLEIJEL,

Architecte chargé de recherches au Statens Kommitte för byggnadsforskning.

M. W. ARNDT,

Professeur, Docteur-Ingénieur.

JOURNÉE D'ÉCLAIRAGE NATUREL - 6 mai 1953

INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS
ASSOCIATION FRANÇAISE DES ÉCLAIRAGISTES

ALLOCUTION DU PRÉSIDENT

Avant de donner la parole aux différents conférenciers et en souhaitant la bienvenue aux éminents techniciens étrangers ici présents, je voudrais souligner que nous attachons beaucoup d'importance à l'étude de l'éclairage naturel et à son application valable dans l'architecture moderne.

Je voudrais dire aussi que cette préoccupation est restée constante à l'*Association Française des Éclairagistes*, et lorsque nous avons décidé de publier un Cahier de Recommandations de l'Éclairage, œuvre qui a été accomplie l'année dernière, une part égale a été faite à l'éclairage naturel et à l'éclairage artificiel.

Je voudrais vous dire également dans ces souhaits de bienvenue qu'en France nous avons tendance, à l'heure actuelle, à nous recueillir devant l'ensemble de ces questions complexes et difficiles, et c'est ainsi que pour notre congrès annuel qui se tiendra à Dijon la semaine prochaine, nous avons établi un programme de travail où nous allons reprendre toutes ces questions à leur source même. Nous avons donc décidé de faire une large place à la mise au point des questions d'ordre physique qui interviennent dans les sources de lumière. Les conditions actuelles de la production du rayonnement sont telles qu'il n'est pas possible, valablement, d'aller de l'avant sans avoir médité sur cette situation. Je ne voudrais pas insister sur un point qui m'est cher, mais il n'est tout de même pas douteux que les conceptions physiques modernes nous font entrevoir le mécanisme de la production et de la propagation de la lumière d'une manière tout à fait différente de ce qu'on pouvait concevoir il y a cinquante ans, au début du siècle.

Dans une deuxième partie, nous avons voulu prendre tous ces problèmes des rapports du rayonnement lumineux avec l'être vivant. Évidemment, cela peut nous faire remonter à Claude BERNARD, à D'ARSONVAL et à d'autres; il y a là un problème immense. Il n'est pas possible à l'éclairagiste d'aller de l'avant s'il n'imagine pas tous les problèmes soulevés par ces rapports, encore une fois, du rayonnement lumineux et de l'être vivant qu'est l'homme.

RÉSUMÉ

De plus en plus, la distinction se fait sentir entre l'ensoleillement et l'éclairage naturel, l'ensoleillement ouvrant des problèmes dépassant très nettement le domaine « visuel » et le technicien est maintenant en mesure de fournir à l'architecte les renseignements pour ce qui concerne l'ensoleillement.

En Angleterre, les études poursuivies depuis quelques années ont porté sur les rapporteurs spéciaux pour calcul de l'éclairage naturel industriel, l'étude sur maquettes de l'éclairage naturel des salles de classe tenant compte de l'influence et de l'importance de tous les facteurs qui interviennent, l'étude de l'éclairage naturel des hôpitaux et des habitations intertropicales.

Les techniciens suédois ont effectué quelques études climatologiques et ont mis en évidence la multiplicité des solutions « expérimentales » sur maquettes qui peuvent être apportées aux problèmes d'éclairage naturel et d'ensoleillement.

Les études allemandes ont porté surtout sur les questions de principe : nécessité — et difficulté — de révision de la norme allemande d'éclairage naturel, accord général sur le critère essentiel : facteur de jour de 1 % au milieu des locaux. Mais elles n'ont pas négligé les études sur maquettes d'éclairage naturel en site urbain, qui ont montré la nécessité d'augmenter les dimensions des fenêtres aux étages inférieurs par rapport à celles des étages supérieurs dans les bâtiments sur rue.

Enfin, cette troisième partie qui nous est chère : celle de l'esthétique. Il est incontestable qu'il y a là, je pourrais dire, un problème psychique. Les chefs d'entreprises, qui sont des industriels, commencent à se rendre compte, dans leur intérêt personnel, que l'ambiance de travail doit être soignée.

Ce sont des problèmes qu'il faut prendre maintenant en remontant à la source.

Voilà l'état d'esprit des éclairagistes français. Et je ne crois pas trahir vos préoccupations, en disant que nous voulons faire la mise au point pour faire un pas en avant.

Enfin, quitte à prendre un tambour et une grosse caisse, il faut commencer à élèver notre voix dans les milieux intellectuels et instruits afin de faire entendre quelques vérités élémentaires que nous voyons trop méconnues ici et partout.

Nous avons en ce moment, à Paris, une Exposition d'Art. On s'est efforcé de faire entendre à ces artisans que leurs objets dans la vie privée n'avaient pas de signification et n'existaient dans la nuit qu'en fonction des conditions d'éclairage. Tout ce que nous avons dit a été totalement méconnu. Alors, dans la mesure où nous pouvons aider à cette œuvre de propagande, nous le ferons de tout notre cœur et de toute notre conviction.

Parce qu'elle coiffe vos travaux aujourd'hui et qu'elle est essentielle, je voudrais rappeler la recommandation de Stockholm, où il est dit : « Il est recommandé que l'utilisation conjointe de la lumière naturelle et de la lumière artificielle soit étudiée au point de vue économique pour divers types d'immeubles afin d'arriver à une simplification des méthodes appliquées dans l'urbanisme et dans la technique de l'éclairage. »

Ici, enfin, il y a cette recherche actuelle de la synthèse des deux techniques, et je crois que nous nous trouvons là devant une question immense dont le retentissement sera aussi grand dans les conceptions architecturales que dans les conceptions de l'éclairage.

SUMMARY

More and more the distinction between insolation (irradiation from the sun) and natural lighting is stressed upon, insolation presenting problems that clearly surpass the "visual" range. The technician is now able give the architect the needed information on insolation.

In Britain, the investigations carried on for several years have born on special devices for calculating natural industrial lighting, on scale models of natural lighting in classrooms, taking into account the influence and the importance of all the intervening factors, and on the natural lighting of hospitals and intertropical dwellings.

The Swedish technicians have carried out some climatological investigations and have made evident the multiplicity of "experimental" solutions on scale models which can be applied to the problems of natural lighting and insolation.

The German investigations bear above all, on questions of principle : necessity (and difficulty) of revising the German standard for natural lighting, general agreement on the essential criterion : day factor of 1 % in the middle of the premises. But they did not neglect the investigations on scale models of natural lighting under urban conditions, which have shown the necessity of increasing the size of windows in the lower stories as compared with those in the upper stories in buildings facing a street.

INTRODUCTION GÉNÉRALE AUX ÉTUDES D'ÉCLAIRAGE NATUREL

Par M. J. DOURGNON.

AVANT-PROPOS DU PRÉSIDENT

Si vous le voulez, je vais donner la parole à M. DOURGNON. Je me plaît à dire entre nous qu'en M. DOURGNON nous retrouvons le prototype pur de cette classe d'éclairagistes qui, depuis longtemps (sans vouloir vous vieillir), avec une persévérance remarquable, s'est efforcée, d'ailleurs dans l'intérêt du public français, non seulement de cultiver ces problèmes, mais aussi de les soutenir dans tous les milieux avec beaucoup de foi et avec des connaissances exceptionnelles.

Les quelques mots que je vais vous dire portent dans le programme un titre bien ambitieux. Rassurez-vous, je n'ai pas l'intention de vous présenter une véritable Introduction aux études d'éclairage naturel.

Nous sommes ici réunis pour écouter d'éminents spécialistes faire le point des progrès réalisés dans leur propre pays. Je ne parle pas seulement des exposés prévus dans le programme, mais encore de ceux qui pourront je l'espère nous être faits dans la discussion. Ce programme est important et je suis absolument convaincu de la nécessité qui m'est faite d'être bref.

La technique de l'éclairage naturel.

Je ne sais comment sonnent dans les autres langues les expressions « Éclairage naturel » ou « Éclairage du jour », mais il me semble qu'en français ces expressions paraissent assez ambiguës; ou plutôt on ne voit pas très bien ce que la technique vient y faire. On comprend très bien que les hommes s'occupent d'éclairage artificiel, mais il semble que s'occuper d'éclairage naturel est une fonction qui est de toute éternité, dévolue au Créateur.

Aussi bien ce que nous appelons « Éclairage naturel » est-il seulement l'étude des meilleures dispositions à prendre pour laisser entrer la lumière du jour dans nos habitations. Du même coup cependant se trouvent posés, presque tous les problèmes de l'urbanisme et de l'architecture, qui sont loin d'intervenir avec une égale importance en éclairage artificiel.

Par contre, nous ne sommes pas, comme les éclairagistes que je qualiferais d'« artificiels », maîtres de nos sources, de nos appareils d'éclairage et de leurs dispositions. Ceux-ci nous sont donnés, ce qui ne veut pas dire, pour autant, qu'ils restent immuables. Ils sont en effet comme on le sait d'une extrême variabilité dans le temps, d'une variabilité déroutante puisqu'ils combinent à l'ordre des phénomènes astronomiques, le caprice des phénomènes météorologiques.

Et ici se présente, non pas la seule hélas ! des difficultés presque insurmontables que rencontre le technicien de l'éclairage naturel, mais l'une des plus importantes. On ne peut arriver à surmonter partiellement cette difficulté que par une série de conventions plus ou moins arbitraires. Quelle étude pourrait être, semble-t-il, plus vivante, que celle de la lumière du jour ? La lecture d'un article sur l'éclairage naturel, tout au moins d'un article sérieux, nous fera vite déchanter par son aspect conventionnel, c'est une nécessité du genre, si j'ose dire les études d'éclairage naturel semblent parfaitement artificielles.

A l'extrême variabilité, au mouvement incessant, qui font la joie de la lumière du jour, et sa grande supériorité sur la lumière électrique telle que nous la concevons actuellement, nous sommes obligés de substituer dans nos études la morne monotonie d'une lumière invariable et factice.

Les principales conventions qui ont fini par se dégager peu à peu avec plus ou moins de force et de raison des études que l'on a patiemment poursuivies dans tous les pays du monde, feront l'objet des quelques mots qu'il me reste à vous dire.

Tout d'abord, séparation complète de la lumière provenant du soleil et de celle provenant de l'ensemble de la voûte du ciel (bien que cette dernière provienne, elle aussi du soleil, mais indirectement). On admet que la voûte du ciel seule servirait à nous éclairer dans le sens restrictif du mot, c'est-à-dire qu'elle seule permettrait les perceptions visuelles et qu'elle ne servirait qu'à cela. La lumière directe du soleil n'aurait pas pour fonction de nous éclairer, ni d'améliorer notre vision, mais elle seule provoquerait des phénomènes biologiques ou psychiques d'ordre général. Cette séparation n'est pas toujours affirmée avec autant de rigueur, mais on peut dire qu'elle se trouve, tout au moins implicitement, dans la quasi totalité des études, tant elle est utile, et somme toute, pas trop arbitraire.

Nous devons donc distinguer, d'une part l'ensoleillement, d'autre part l'éclairage naturel par la voûte du ciel ou l'éclairage naturel proprement dit.

L'ensoleillement.

Je dirai d'abord deux mots de l'ensoleillement.

Les statistiques sanitaires sont formelles. L'ensoleillement des habitations présente une corrélation certaine avec la santé de leurs habitants. Je crois qu'il ne faut plus parler dans le cas actuel de l'action des ultra-violets sur la peau. Le soleil des villes en comporte relativement peu, les vitrages courants l'absorbent, nous sommes habituellement vêtus, et il est rare que nous restions longtemps dans nos habitations sous l'effet direct des rayons solaires.

Mais l'effet psychique est indéniable. En outre la lumière exerce son influence sur l'organisme par l'intermédiaire de l'œil autrement que par la vision proprement dite, comme l'a rappelé récemment le Professeur BENOIT.

Quoi qu'il en soit, les phénomènes sont beaucoup trop complexes, bien trop liés à des conditions contingentes ou annexes, pour que l'on puisse prétendre tirer des

études d'ensoleillement des règles impératives d'architecture et d'urbanisme. Et franchement, je pense que cela est mieux ainsi.

Mais ce que nous, ingénieurs, techniciens de l'ensoleillement pouvons faire, c'est de rechercher des méthodes simples qui permettent au Maître de l'œuvre, de savoir quelles conséquences, au point de vue de l'ensoleillement entraîneront telle ou telle disposition. C'est ensuite à lui et à lui seul de décider.

Quels sont les renseignements qui peuvent être fournis à l'architecte ?

1^o Direction (en plan et en élévation) des rayons solaires à une heure donnée d'un jour donné de l'année.

2^o Durées d'ensoleillement en un point donné à l'intérieur ou à l'extérieur pour différents jours de l'année (soit en supposant qu'il n'y a pas d'occultation par les nuages, soit en tenant compte de ces occultations en partant de statistiques météorologiques).

3^o Les durées d'ensoleillement étant insuffisantes pour caractériser la valeur d'un ensoleillement, il convient d'y adjoindre l'incidence des rayons lumineux sur la surface recevant ces rayons (par exemple la surface d'une baie) ou mieux la puissance reçue à chaque instant.

4^o Énergies totales reçues journalièrement, mensuellement ou annuellement.

Il convient de remarquer que l'énergie annuelle n'est pas un excellent critère, car l'énergie reçue n'a pas la même valeur pratique selon les saisons. Dans nos climats cette énergie est recherchée en hiver, mais généralement considérée comme indésirable en été. D'ailleurs, tous les chiffres globaux doivent être utilisés avec beaucoup de ménagement : une heure d'ensoleillement à 13 heures est à rechercher pour une salle à manger et n'a que peu d'intérêt pour une chambre à coucher.

L'éclairage par la voûte du ciel.

L'étude de l'éclairage par la voûte du ciel a conduit à un certain nombre de conventions nécessaires, mais arbitraires.

1^o On admet que la luminance du ciel est uniforme. Cette convention commode est inexacte, même dans le cas d'un ciel bouché. Parry Moon, aux États-Unis, a proposé une loi de variation de la luminance en fonction de la hauteur qui conviendrait assez bien à ce cas. Mais bien entendu les calculs, déjà difficiles, deviennent encore plus compliqués avec cette hypothèse.

2^o On prend généralement comme luminance du ciel uniforme normalisée la valeur de 5 000 Blondels (c'est-à-dire donnant un éclairement de 5 000 lx sur le plan horizontal lorsqu'il n'y a aucune obstruction). Cette luminance correspond à un ciel bouché assez obscur, mais pas assez cependant pour nécessiter l'éclairage artificiel.

Ceci posé on pourra agir, ou plutôt il semble qu'on pourra agir, exactement suivant les vieilles méthodes d'éclairage artificiel. On recherchera les conditions pour obtenir tels ou tels éclairages en certains points ou tels éclairages moyens, etc. En réalité ce problème est infiniment plus difficile que celui de l'éclairage artificiel.

D'autre part, pour éliminer dans les évaluations la luminance du ciel qui est arbitraire, on a convenu d'introduire des facteurs qui sont le quotient entre l'éclairage en un point donné de la pièce et l'éclairage extérieur en un lieu parfaitement dégagé.

On distingue le facteur de ciel dans lequel on ne fait

intervenir au numérateur que l'éclairement de la portion de la voûte du ciel visible du point considéré. On n'y tient donc pas compte de la réflexion des murs, sols, arbres, etc., extérieurs et les parois intérieures du local. On a choisi cette grandeur parce qu'elle était relativement, je dis relativement, facile à déterminer, car elle peut avoir une définition purement géométrique, mais aussi parce que les réflexions dont je viens de parler ne sont pas à la disposition de l'architecte; par exemple, l'architecte ne sait pas de quelles couleurs les locataires vont peindre leurs murs.

On a fondé de grands espoirs sur l'emploi du facteur de ciel. Mais ces espoirs ont été déçus et on doit reconnaître que, si le facteur de ciel est relativement facile à déterminer, il n'est pas toujours possible d'en tirer des conclusions valables.

La tendance actuelle est donc d'essayer l'emploi du facteur de lumière du jour (on dit encore, plus simplement, facteur de jour) qui fait état de l'éclairement effectif, compte tenu des réflexions mutuelles tant extérieures qu'intérieures ainsi que de l'absorption des vitrages. Lorsqu'on ne dispose pas de renseignements sur les réflectances extérieures et intérieures on serait conduit à admettre pour les calculs des valeurs conventionnelles normalisées de ces réflectances correspondant à la pratique courante moyenne.

Mais les calculs sont ardus; les expériences sur maquettes, très difficiles à généraliser.

Et l'abus, ou ce que l'on croit être l'abus, des mathématiques, nous rejette encore plus vers l'artificiel mais nous n'y pouvons rien. Le problème mathématique est difficile et le désir de faire preuve de dextérité n'explique pas entièrement l'aspect de certains articles.

La théorie et la pratique.

Même en supposant tous ces problèmes résolus, nous ne serions pas encore au bout de nos difficultés. Il existe en effet un hiatus énorme entre la théorie et la pratique; entre le calcul de certaines grandeurs, qui même avec des définitions précises, n'en ont pas moins que peu de significations humaines et la composition harmonieuse de l'urbanisme et de l'architecte. Comment même tirer de ces chiffres de simples prescriptions réglementaires, l'expérience prouve que c'est extrêmement difficile.

C'est à combler ce vide que se sont efforcées principalement les personnes qui vont prendre la parole après moi.

Je dois dire qu'à l'étranger, il y a plus de facilité qu'en France, où les architectes et les ingénieurs reçoivent des éducations particulièrement différenciées. Nous avons pourtant fait des efforts dans ce sens, et j'espère que M. CADIERGUES voudra dans la discussion nous dire quelques mots des travaux qu'il a faits lui-même.

Je crois nécessaire, avant de terminer, de préciser qu'il ne vient à l'idée de personne d'obliger l'architecte à des travaux expérimentaux ou mathématiques. Ceci est évidemment l'affaire du spécialiste qui doit traduire ces études par des documents, tableaux de chiffres, courbes ou abaques, immédiatement utilisables, mais c'est là justement où réside une autre difficulté qu'il s'agit de surmonter. Nous en discuterons dans la session spéciale de la C. I. E. consacrée à l'Eclairage du jour, qui s'ouvre cet après-midi même sous les auspices de M. le Professeur FLEURY, Président du Comité Français de l'Eclairage.

Je pense que dans la séance actuelle nous devons rester dans le domaine concret de l'application.

ÉTUDES ANGLAISES D'ÉCLAIRAGE NATUREL

Par M. R. G. HOPKINSON.

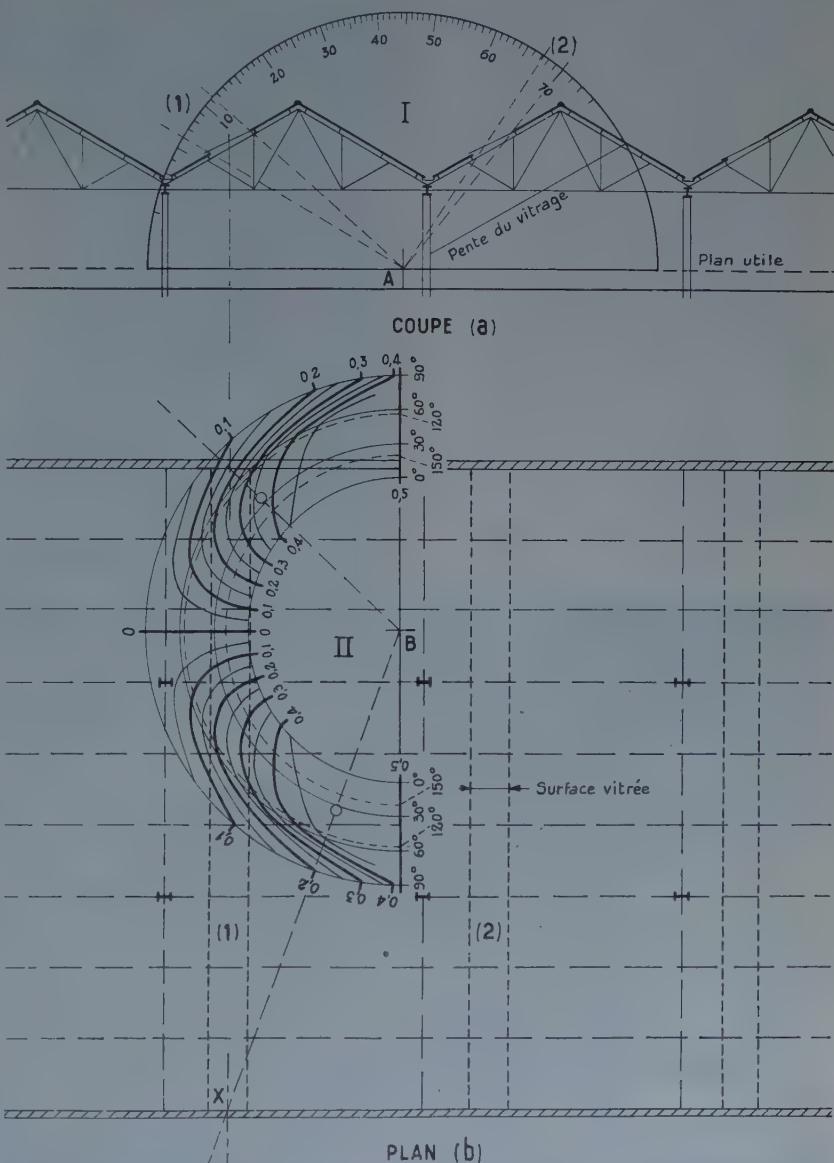
AVANT-PROPOS DU PRÉSIDENT

Nous regrettons beaucoup que des raisons de santé aient empêché M. HOPKINSON de se joindre à nous. Nous le déplorons pour notre séance de travail et aussi pour sa personne en raison des liens d'amitié qui nous unissent tous à lui. M. CADIERGUES va nous présenter la communication de M. HOPKINSON.

Introduction.

Il serait impossible, dans le cadre restreint de cette communication, de donner une description détaillée de tous les travaux qui ont été faits en Angleterre pendant ces dernières années dans le domaine de l'éclairage. En dépit du petit nombre de chercheurs engagés à ces recherches une activité remarquable s'est manifestée dans ce domaine. Il ne serait pas exagéré de dire que l'attitude des architectes anglais vis-à-vis de l'éclairage naturel s'est entièrement transformée au cours des années d'après-guerre. Cette transformation est due, en premier lieu, à l'élan donné par l'école de la période d'entre deux guerres qui semble avoir de mieux en mieux compris l'importance de l'éclairage naturel dans l'architecture. De nouvelles méthodes de construction offraient la possibilité de remplacer de grands pans de mur par des fenêtres et cette liberté nouvellement acquise monta pour ainsi dire à la tête des architectes de l'époque de sorte que, si la seconde guerre mondiale n'était pas intervenue, il se serait probablement produit une réaction.

Durant la guerre, une nouvelle série de facteurs commença à se manifester. Il y eut notamment le problème des usines dont il fallait prévoir l'occultation plus ou moins totale et dont, par conséquent, l'éclairage naturel devait être réduit au strict minimum, de façon à permettre l'occultation de se faire sans trop de difficulté. Peu après on eut à faire face à de tous autres problèmes, et ce de toute urgence, notamment la reconstruction dans le moindre délai possible des usines démolies. Après la guerre, lorsque les restrictions nécessitées par l'occultation furent levées, les notions d'avant-guerre concernant l'éclairage naturel retrouvèrent leur élan primitif. C'est pour faire face à la demande d'une méthode simple pour calculer l'éclairage naturel des usines que la Building Research Station a mis au point une série de rapporteurs spéciaux destinés à cet usage. D'autres méthodes graphiques comme l'abaque de Waldram, par exemple, étaient connues à l'époque,



I. Échelle de facteur de jour pour de longues ouvertures vitrées à 30° d'inclinaison;
II. Rapporteur auxiliaire de facteur de jour pour vitrage incliné à 30°;
Facteurs de correction pour les fenêtres sous tendant un angle de moins de 180° en plan.

FIG. 1. — Emploi des rapporteurs pour vitrages inclinés.

mais ces méthodes n'étaient pas d'usage courant, soit qu'une certaine inertie de la part de l'architecte le retint d'employer une technique peu familière, soit qu'il n'eût pas le temps d'adapter ses plans à ce qui, au premier abord, pouvait sembler un diagramme d'une complexité décourageante. Les rapporteurs spéciaux de la Building Research Station présentent à l'architecte une technique avec laquelle il a déjà eu l'occasion de se familiariser et qu'il peut employer avec les plans et l'élévation qu'il a déjà dressés, un instrument grâce auquel il lui sera facile d'ajuster ses plans pour les rendre conformes aux exigences de l'éclairage naturel. La figure 1 représente deux de ces rapporteurs permettant d'estimer facilement et rapidement le facteur de ciel produit par une fenêtre.

L'usage de ces rapporteurs s'est répandu très vite en raison de l'urgence du programme de construction de bâtiments scolaires et d'habitation. Sous l'influence des architectes qui sentaient instinctivement que les anciennes normes d'éclairage naturel étaient peu satisfaisantes, le Ministère de l'Éducation fut amené à modifier son attitude envers l'éclairage naturel dans les écoles. Une ou deux écoles datant d'avant-guerre, par exemple la « Richmond County High School for Girls » de D. Clarke-Hall, démontrent de façon positive qu'une école bâtie pour donner un haut niveau d'éclairage naturel formait un décor beaucoup plus agréable pour l'éducation des jeunes que les lourds bâtiments genre institut qu'on rencontrait un peu partout auparavant. Ces bâtiments eux-mêmes

(fig. 2) représentaient un certain progrès sur les bâties élevées au commencement du XIX^e siècle et contribuèrent, vers le milieu du siècle, à former un courant d'idées qui inspira l'architecture scolaire pour environ cinquante ans.

C'est en 1946 que le Ministère de l'Éducation, sur l'avis des spécialistes de l'éclairage et des autorités médicales, se décida en faveur d'une révision des standards existants. Les nouvelles normes stipulèrent un facteur de jour de 2 % au lieu des 0,5 % de rigueur précédemment. Ceci exigea évidemment des changements radicaux dans la disposition des fenêtres des bâtiments scolaires. Pour pouvoir obéir aux nouveaux règlements, qui étaient dorénavant obligatoires, les architectes devaient disposer de quelque moyen simple d'estimer l'éclairage naturel

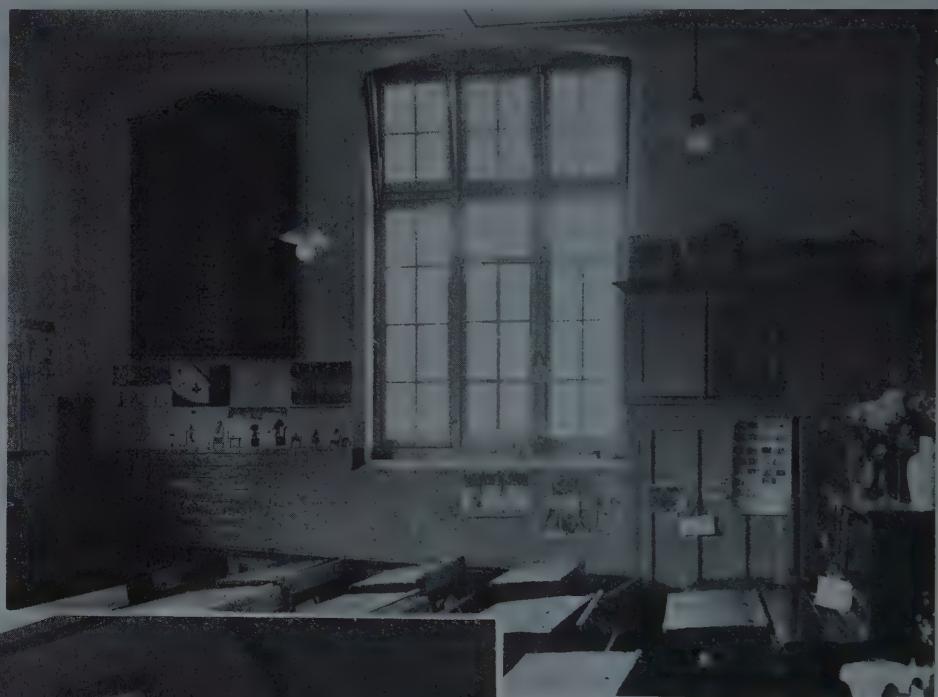


FIG. 2.



FIG. 3.

probable dans les nouveaux bâtiments, de telle sorte qu'ils soient après achèvement conformes aux règlements. Les rapporteurs spéciaux pour le calcul de facteur de ciel leur ont permis de faire le nécessaire sans trop de difficulté. Un exemple typique d'une école construite après la guerre dans la province d'Hertfordshire est illustré par la figure 3. Au cours de la construction de ces nouvelles écoles on se rendit compte qu'il était facile de suivre ces règlements et dans nombre de cas on commença même à se plaindre d'une lumière excessive dans les classes. Il ne s'agissait pas d'un retour aux sombres bâ-

timents d'autrefois, mais on avait l'impression que les architectes avaient quelque peu exagéré. Des mesures effectuées dans les nouveaux bâtiments prouvent qu'on ne se trompait pas, car des facteurs de jour minimum de 10 % n'étaient pas rares.

La raison de cet état de choses était que les calculs avaient été entièrement basés sur l'élément direct dans le facteur de jour, c'est-à-dire le flux direct tombant du ciel sur le plan utile. Ces calculs ne tenaient aucun compte des réflexions mutuelles, c'est-à-dire de la lumière réfléchie à l'intérieur du local par le sol extérieur, celle réfléchie sur le plan utile par le plafond et les réflexions des parois entre elles. Dans les anciens bâtiments ces réflexions mutuelles étaient très réduites parce que les murs étaient revêtus de couleurs sombres, le plancher était toujours très sombre également, alors que le plafond, très haut, ne recevait que rarement une nouvelle couche de peinture blanche. Mais dans les nouvelles écoles modernes, décorées de couleurs claires, les réflexions mutuelles forment un élément important dans l'éclairage total du plan utile.

C'est pourquoi il a fallu étudier le moyen de calculer l'élément indirect aussi bien que l'élément direct dans l'éclairage naturel.

L'éclairage naturel des salles de classes, étude sur maquette utilisant un ciel artificiel.

Cette étude a été faite sur une maquette construite de façon à permettre de faire varier la hauteur du plafond, les dimensions des fenêtres et les réflectances des parois. La maquette est éclairée par un ciel artificiel sujet à un contrôle photométrique très rigoureux. En mesurant le facteur de jour, on se base sur l'hypothèse que le ciel

naturel est assimilable à une sphère de brillance uniforme touchant l'horizon. Dans le cas d'un ciel artificiel, ce principe ne sera valable qu'en certaines circonstances, mais il existe une solution équivalente qui consiste à considérer le ciel comme un plan horizontal infini, parallèle au plafond. Ce ciel n'est évidemment pas visible de points situés sur le plafond même et, dans l'hypothèse du plan horizontal infini, ces points ne recevront aucune lumière directe. C'est pourquoi cette dernière hypothèse est préférable à la première pour une étude sur maquette. La figure 4 montre la maquette d'une salle de classe qu'on emploie à la Building Research Station avec un ciel artificiel. Ce ciel artificiel se compose d'une caisse contenant une plaque de « plexiglass » horizontale recevant et diffusant la lumière de lampes à fluorescence. Des miroirs disposés sur les quatre côtés représentent par leurs réflexions des surfaces de ciel et de sol extérieur théoriquement infinies.

La brillance du ciel artificiel a été délibérément choisie non uniforme. L'hypothèse classique du ciel de luminance uniforme ne se réalise jamais en pratique. Un ciel couvert a toujours une brillance plus grande au zénith qu'à l'horizon. La distribution de cette brillance a été mesurée et on sait qu'elle est plus ou moins constante. Le ciel artificiel reproduit cette distribution. La figure 5 indique le rapport entre la luminance du ciel artificiel et du sol extérieur et la hauteur angulaire exprimée comme une fraction de la luminance moyenne du ciel. Ces valeurs sont en bon accord avec les variations de luminance d'un ciel naturel et du sol extérieur mesurées par temps couvert ainsi qu'avec la formule de Moon et Spencer basée sur un grand nombre de mesures exécutées par Kimball par temps couvert.

La mise au point d'une petite cellule photo-électrique rectifiée au sélénium, réglée de façon à éliminer toute « erreur de cosinus » aida grandement les travaux. Cette cellule photo-électrique est d'une construction relativement simple et donne une bonne correction sans diminuer

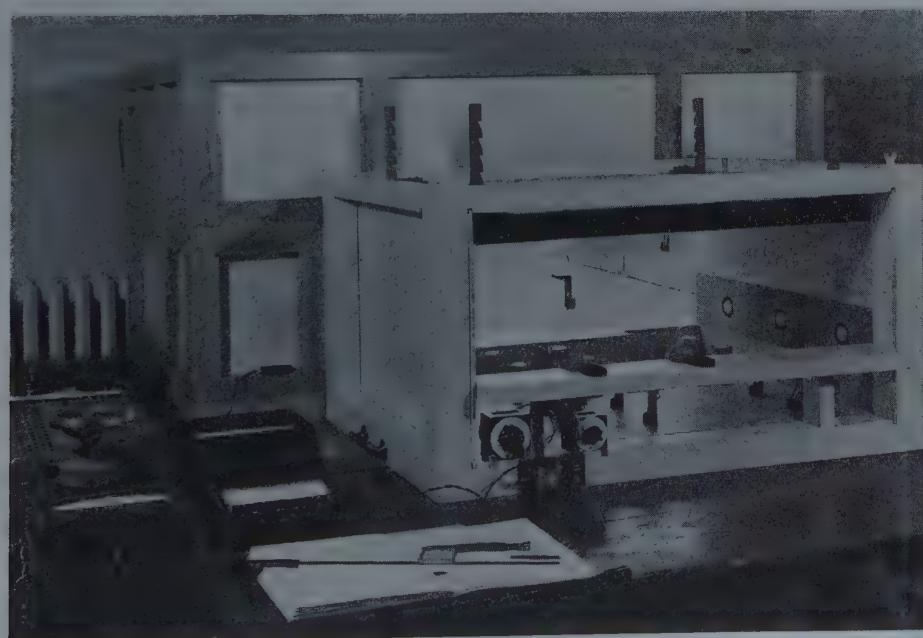


FIG. 4.

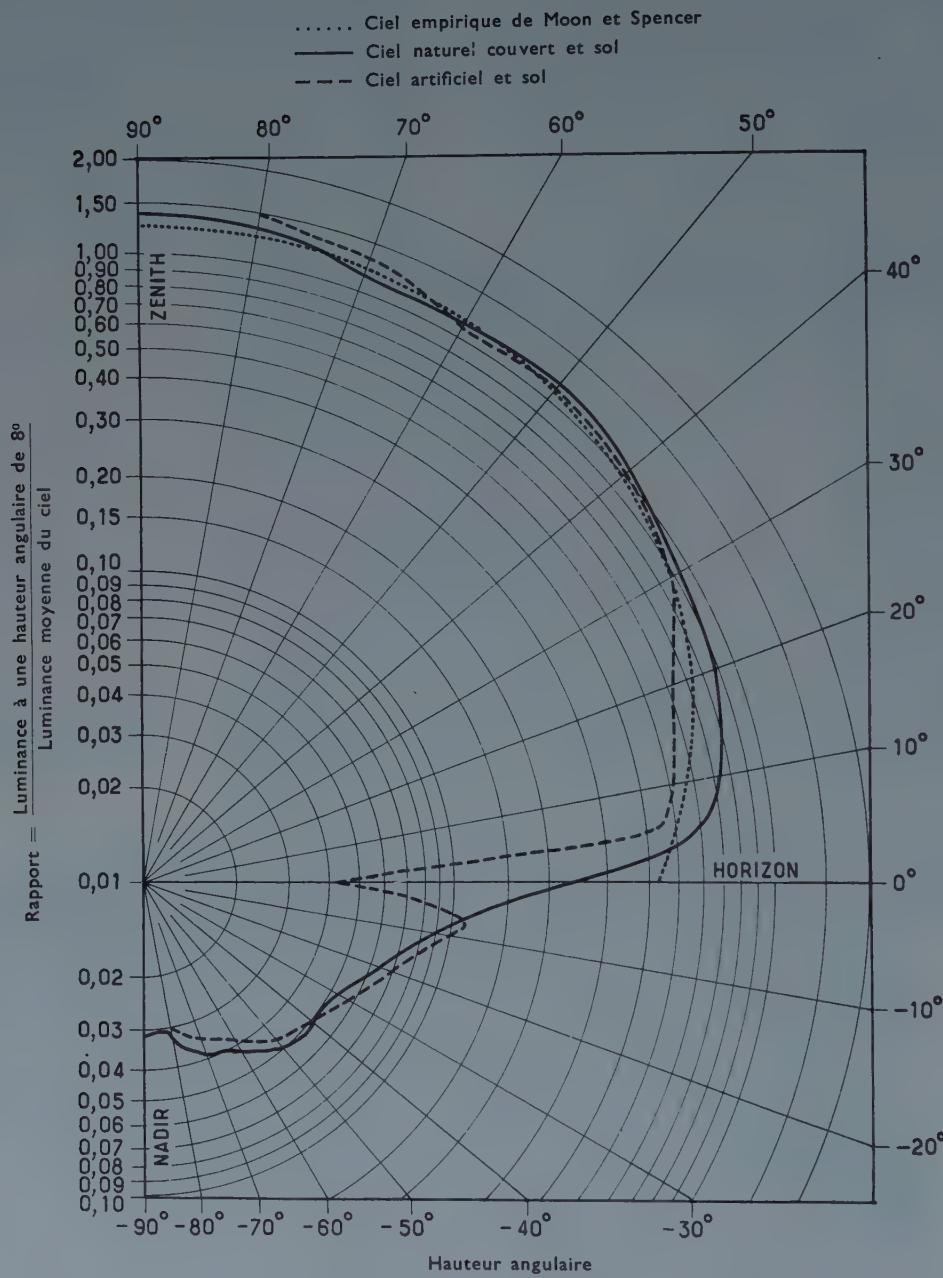


FIG. 5. — Distribution de la luminance d'un ciel artificiel et du sol comparée avec celle d'un ciel naturel couvert et avec le ciel empirique de Moon et Spencer.

sérieusement la sensibilité de la cellule. Cet appareil a été développé à la Building Research Station et est basé sur celui de PLEIJEL en Suède. L'emploi d'un diffuseur opale en plexiglass à basse absorption permet d'obtenir la précision nécessaire avec toute la sensibilité requise. Les cellules photo-électriques, placées en divers endroits de la maquette sont raccordées à un galvanomètre au moyen d'un interrupteur sélectif.

Avec cette installation, nous avons étudié l'influence d'un certain nombre de variables architecturales d'une salle de classe sur l'éclairage naturel.

1^o Influence de la hauteur sous plafond.

Nous avons étudié la variation du facteur de jour avec l'influence de la hauteur sous plafond, le facteur de réflexion du local étant maintenu constant à des valeurs mesurées représentant une moyenne pour une salle de classe moderne. La figure 6 montre les résultats obtenus au cours de cette étude et met en évidence le rapport entre la hauteur sous plafond et le facteur de jour total (c'est-à-dire l'élément direct ou le flux provenant directement du ciel plus l'élément indirect ou le flux réfléchi) ainsi que le rapport entre la hauteur sous plafond et l'élément direct du facteur de jour (c'est-à-dire sans la lumière réfléchie). On peut constater que l'élément indirect constitue une partie considérable de l'éclairage naturel total d'une salle de classe typique. Par exemple, avec une hauteur sous plafond d'environ 3 m, le facteur de jour total à environ 6 m de distance de la fenêtre est de 2,5 % alors que le

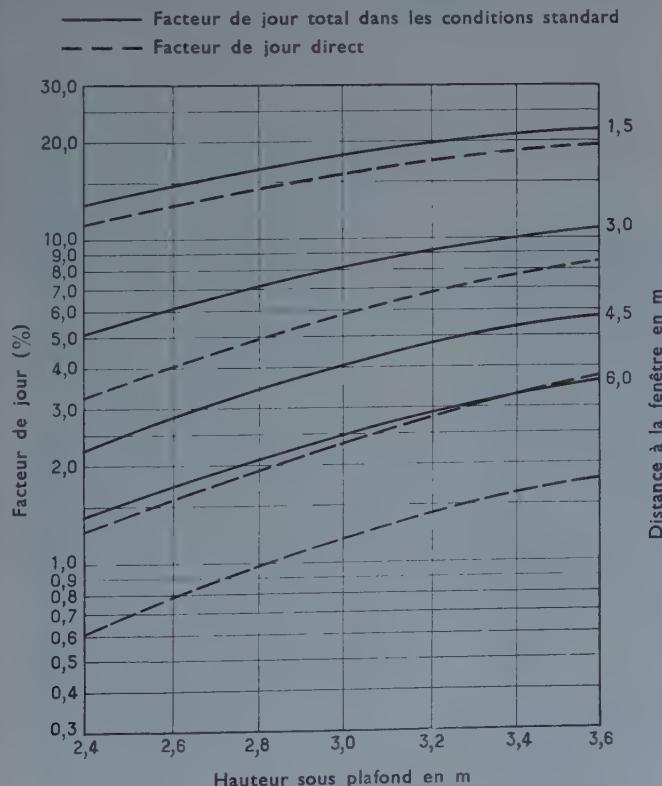


FIG. 6. — Variations du facteur de jour en quatre points différents de la ligne médiane de la pièce en fonction de la hauteur sous plafond.

facteur de jour direct n'est que 1,2 %. Ce qui montre que la lumière réfléchie contribue pour plus de la moitié de l'éclairage total du plan utile au fond de la pièce, ce qui est donc loin d'être une quantité négligeable.

2^o Influence de la réflectance des murs.

La maquette était pourvue de murs amovibles glissant dans des rainures ménagées dans le plancher et le plafond. Il était donc facile de faire varier la valeur des réflectances en utilisant des murs de réflectances différentes. La figure 7 montre les variations du facteur de jour lorsque la réflectance des murs varie de 0 % (noir) à 82 % (blanc). L'effet est évidemment plus prononcé à mesure qu'on s'éloigne de la fenêtre. A 6 m de distance de la fenêtre, le facteur de jour est 1,8 % avec des murs noirs, mais sa valeur monte jusqu'à 4,2 % pour des murs blancs. Pour une réflectance moyenne correspondant aux conditions actuelles (35 % environ), le facteur de jour est 2,5 %. Mais l'effet de la réflectance des murs est très réduit lorsque le plan utile se trouve à une distance de 1,5 m de la fenêtre; pour des murs noirs le facteur de jour est déjà 17 % et pour des murs blancs il monte jusqu'à 20 %; par conséquent la différence est à peine sensible.

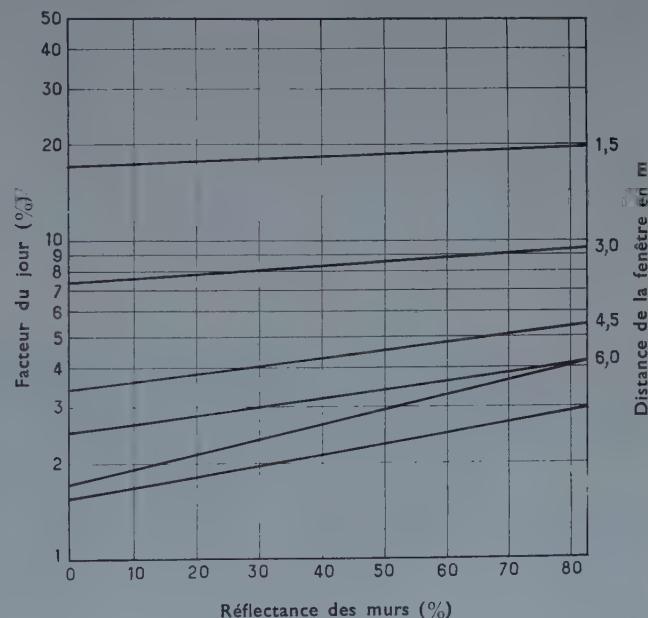


FIG. 7. — Variation du facteur de jour en quatre points sur la ligne médiane de la pièce en fonction de la réflectance des murs pour une hauteur sous plafond de 3 m.

3^o Influence de la réflectance du plancher.

En faisant varier la réflectance du plancher, on constata à nouveau que l'influence de cette variation sur le facteur de jour était plus prononcée dans le fond de la pièce. La réflectance du plancher a un effet considérable, parce que le plancher reçoit la lumière directement du ciel tandis que le plafond ne reçoit que la lumière réfléchie par le plancher ou le sol extérieur.

4^e Influence des autres facteurs.

On a étudié également l'influence des dimensions de la fenêtre, de la réflectance et de la position des meubles scolaires, etc. Il n'est pas possible de donner ici tous les détails de ces travaux mais ils seront publiés ultérieurement.

Méthodes de calcul pour le facteur de jour total.

Une analyse détaillée des observations résultant de l'étude sur la maquette décrite ci-dessus ainsi que sur une autre maquette dont on pouvait faire varier la réflectance des parois et les dimensions des fenêtres, a permis d'établir certains rapports entre les différents facteurs qui régissent l'éclairage total d'une pièce.

En décidant de la façon d'appliquer les données obtenues, on s'est basé sur le principe qu'une méthode simple et facile, même si elle manque un peu de précision, est toujours préférable à une méthode élégante mais peu pratique lorsqu'on a en vue les problèmes que l'architecte doit résoudre au cours de son travail de tous les jours. Ce compromis entre la précision et le souci pratique ne manque pas de laisser quelque doute dans l'esprit de celui qui s'occupe de recherche scientifique. Il ne faut pas oublier que le public a tendance à montrer plus de respect pour le chercheur qui enveloppe son travail d'un certain mystère que pour celui qui essaie de montrer les choses sous un jour simple. C'est pourquoi le public n'a qu'à s'en prendre à lui-même si les chercheurs semblent peu disposés à simplifier leurs travaux à son profit. En dépit de ces considérations, les résultats de cette étude ont subi un examen détaillé qui a permis de faire un certain nombre de simplifications. On a trouvé qu'en sacrifiant quelque peu le degré de précision, il était possible d'accepter comme établies les relations suivantes :

a) Les facteurs de jour mesurés sur maquette indiquent qu'on peut admettre que le logarithme du facteur de jour est en relation linéaire avec la réflectance. Ceci confirme les études publiées par PLEIJEL et HANNAUER pour des cours. L'inclinaison des lignes varie avec la distance de la fenêtre mais elle est à peu près égale pour chaque hauteur sous plafond.

b) L'élément indirect (lumière réfléchie) du facteur de jour peut, moyennant une certaine erreur minime et connue, être considéré comme constant dans toute la pièce. Il est nécessaire de se rappeler qu'on le « considère » comme tel car, en fait, il n'est pas constant et varie systématiquement suivant que l'on se déplace dans la pièce (fig. 8). Cependant, l'erreur impliquée par cette hypothèse peut être réduite délibérément pour les parties les plus importantes de la pièce (par exemple au fond) et on voit alors qu'aucun inconvénient sérieux ne résulte de l'erreur relative aux parties moins importantes (par exemple près de la fenêtre). Dès qu'on a accepté cette hypothèse, l'élément indirect du facteur de jour apparaît alors comme fonction de la réflectance moyenne des parois.

c) On peut déduire des relations linéaires décrites ci-dessus, que le logarithme du rapport entre l'élément direct et le facteur de jour peut être considéré comme étant approximativement proportionnel à la réflectance des murs. Pour raison de commodité on a appelé ce rapport « facteur d'utilisation de la lumière naturelle » (« daylight utilization ratio »).

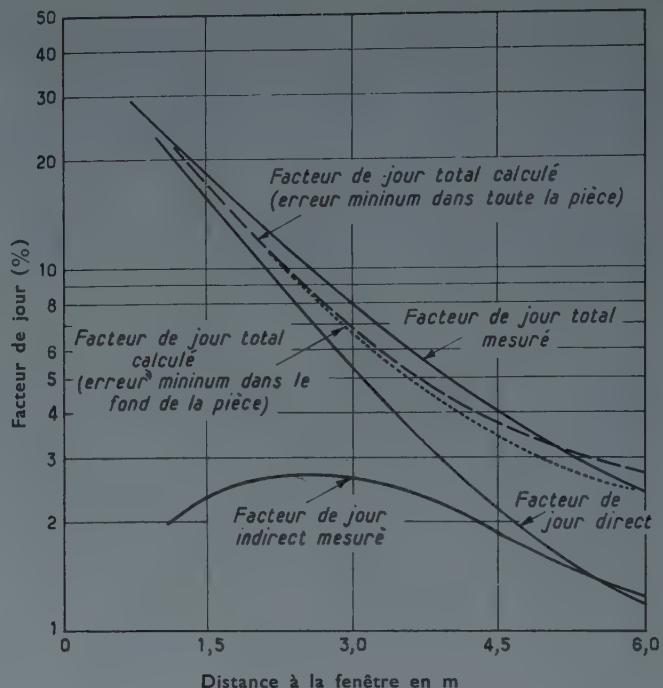


FIG. 8. — Facteurs de jour calculés pour des conditions « standard » et une hauteur sous plafond de 3 m. Les facteurs de jour indirects calculés sont supposés égaux en tous les points de la pièce.

Les implications de ces résultats ont été décrites en détail dans une communication qui paraîtra sous peu dans *Transactions of the Illuminating Engineering Society of London*. Il n'est pas possible d'en donner ici une discussion détaillée mais il est intéressant de noter que la nature directe des relations permet de calculer le facteur de jour total en une seule opération au moyen d'une règle à calcul. Une règle à calcul spéciale a été établie, basée sur les résultats obtenus sur maquette. Cette règle à calcul (fig. 9) est destinée uniquement à l'étude du problème de l'éclairage naturel dans les salles de classe. Elle permet de tenir compte de quatre facteurs variables, notamment les réflectances des murs, du plafond et du plancher et la hauteur sous plafond, et il est possible de faire un calcul rapide du facteur de jour pour n'importe quelle combinaison de ces quatre facteurs. Une échelle supplémentaire a été incorporée afin de pouvoir tenir compte des distances à la fenêtre. En construisant cette règle il a fallu prendre certaines libertés en ce qui concerne la précision, mais les erreurs ainsi introduites sont minimales. La règle à calcul peut s'employer pour évaluer l'éclairage lorsque l'éclairage naturel n'est pas seulement unilatéral. Dans ce cas, le calcul se fait pour chaque fenêtre séparément, les autres étant momentanément considérées comme une paroi noire, et diminuant d'autant la réflectance moyenne des murs. Quoique la règle à calcul soit destinée au calcul de l'éclairage d'une pièce d'un type déterminé (elle fut établie à la demande de la division « Architecture » du Ministère de l'Éducation), il est possible d'appliquer la méthode à des pièces de formes variées et avec des fenêtres de différentes dimensions, etc.

Ces résultats ont également permis d'établir une série de tableaux de facteurs de jour que certains architectes emploient parfois de préférence à la règle à calcul.

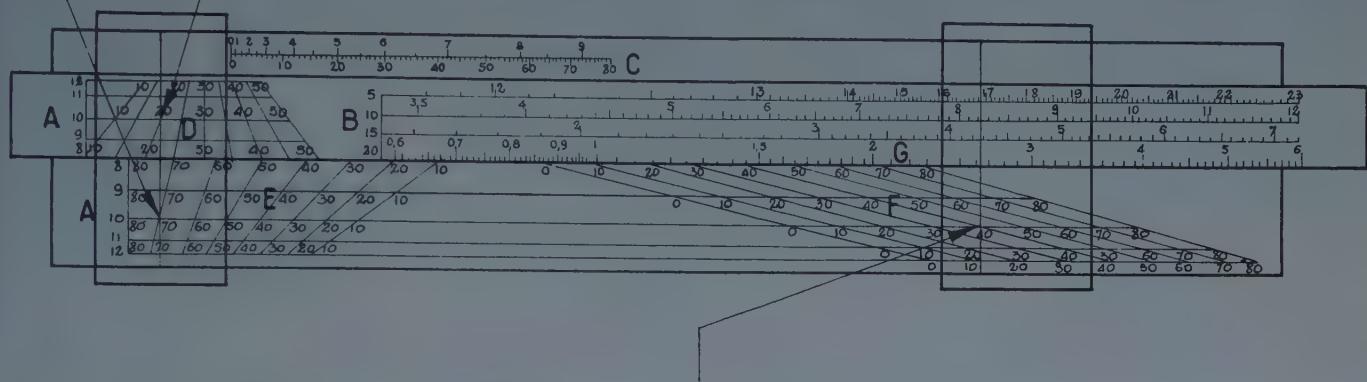
A. Hauteur sous plafond (pieds);
 B. Distance à la fenêtre (pieds);
 C. Réflectance (%)

D. Réflectance du sol (%);
 E. Réflectance du plafond (%);

F. Réflectance du mur (%);
 G. Facteur du ciel (%).

Placer la ligne du curseur sur 70 % (Réflectance du plafond) sur l'échelle de hauteur sous plafond 10 pieds (3 m).

Déplacer la règle mobile jusqu'à ce que 20 % (Réflectance du sol) sur l'échelle de hauteur sous plafond 10 pieds (3 m) coïncide avec la ligne du curseur.



(i) Placer la ligne du second curseur sur 40 % (Réflectance du mur) sur l'échelle de hauteur sous plafond 10 pieds (3 m).

Lire sur l'échelle des facteurs de jour à des distances de 5, 10, 15 et 20 pieds (1,5; 3; 4,5 et 6 m) de la fenêtre. Ex : 16,9; 8, 23; 4,28; et 2,64 % respectivement.

(ii) Ou placer la ligne du second curseur sur le facteur de jour 2 % à 20 pieds (6 m) de la fenêtre.

Lire, sur l'échelle correspondant à 10 pieds (3 m) de hauteur sous plafond, la réflectance de mur requise. Ex. : 17 %.

FIG. 9. — Mode d'emploi de la règle à calcul spéciale.

Étude de l'éclairage naturel des hôpitaux.

Quelque temps avant d'entreprendre les études sur l'éclairage des écoles mentionnées ci-dessus, nous avions étudié l'éclairage d'une salle d'hôpital d'un modèle nouveau. Comme ce travail a fait l'objet d'une communication à l'A. F. E. en 1951, il est superflu d'entrer ici dans les détails. Il suffira de dire qu'il s'agissait d'une étude sur maquette avec ciel artificiel (fig. 10) faite en employant des méthodes semblables à celles décrites pour l'éclairage des écoles.

Depuis la présentation de cette communication à l'A. F. E., le premier hôpital construit d'après ces principes a été achevé. C'est ainsi qu'on a eu l'occasion de faire des mesures photométriques dans le bâtiment même, afin de se rendre compte si les facteurs de jour prédicts par les calculs sur maquette s'étaient en fait réalisés. C'est avec satisfaction qu'on a constaté que tel était le cas. Voilà donc, si la nécessité se fait sentir, un argument en faveur de la validité des études sur maquette pour l'étude de l'éclairage naturel de bâtiments complexes. A notre avis, les études

sur maquette sont préférables aux calculs parce qu'elles ont l'avantage de présenter une impression visuelle du bâtiment, ce qui peut souvent amener à en modifier certains aspects, alors qu'il aurait été impossible d'en faire autant uniquement d'après les plans et dessins.



FIG. 10.

Étude de la lumière solaire réfléchie.

Le problème de l'éclairage naturel a généralement été étudié du point de vue des conditions climatologiques du nord-ouest de l'Europe, où un ciel couvert prédomine durant la plus grande partie de l'année et où le soleil se montre fréquemment mais de façon inconstante. C'est pourquoi le calcul de l'éclairage naturel est basé sur l'hypothèse d'un ciel de luminance uniforme et aucun compte n'est tenu de la lumière solaire directe. Le « ciel standard » est supposé avoir une luminance uniforme de 5 000 « Blondels » (1 700 nits), valeur courante dans ces conditions. Cette façon traditionnelle d'aborder le problème s'applique assez bien à des conditions dans lesquelles un ciel couvert, même de luminance non uniforme, est la règle durant la majeure partie de l'année et dans lesquelles un ciel pur a une très haute luminance (5 000 « Blondels ») (1 700 nits et plus) et représente, par conséquent, une source de lumière assez abondante.

Mais dans plusieurs autres contrées du globe, particulièrement dans les régions tropicales et subtropicales, le ciel est rarement couvert et seulement durant certaines périodes de l'année (par exemple durant la mousson). Dans ces contrées, le ciel bleu a généralement une luminance moins élevée qu'au nord-ouest de l'Europe. Les rôles sont donc renversés, le soleil devenant la source principale de lumière et le ciel étant relégué au second rang. Ces conditions exigent qu'on aborde le problème de l'éclairage naturel sous un angle entièrement nouveau et conduit à une conception entièrement différente de l'urbanisme par rapport à l'éclairage naturel. Au cours de la discussion qui suivit la présentation, au Congrès du Bâtiment de Londres en 1951, de la communication de A. L. BRENTWOOD d'Australie sur l'éclairage naturel des usines dans ce pays, R. G. HOPKINSON proposa de faire usage délibérément de la lumière réfléchie dans un local par une façade en vis-à-vis et de disposer les bâtiments de manière à profiter le mieux possible de la lumière réfléchie d'un bâtiment à l'autre. Cette idée a maintenant passé par les premiers stades de développement et on s'est efforcé de découvrir l'intensité d'éclairement qu'on pouvait obtenir de la lumière solaire réfléchie par rapport à celle obtenue avec un ciel non couvert selon la méthode traditionnelle. On a cru qu'une fois les données concernant l'éclairement établies, on pourrait concentrer les efforts sur le problème proprement dit de l'architecture tropicale considérée du point de vue de l'éclairage. Grâce aux dernières études sur l'éblouissement, sur le confort visuel et la facilité de vision, il fut possible de s'attaquer d'une façon plus rationnelle au problème qui consiste à trouver les compromis les plus favorables entre les niveaux d'éclairement et la lutte contre l'éblouissement.

Ici aussi on s'est décidé en faveur de l'étude sur maquette. Pour simplifier les choses, on a mesuré les niveaux d'éclairement avec une cellule photoélectrique rectifiée. Les mesures furent prises en un seul point d'observation dans un seul type de pièce et avec les bâtiments avoisinants disposés d'une seule façon. Les dimensions de la pièce (fig. 11) furent choisies égales à celles de la maquette employée pour l'étude de l'éclairage des écoles. Comme on l'a vu précédemment, on disposait de nombreuses observations concernant la pénétration du flux direct et les réflexions mutuelles dans une pièce de ces dimensions. Le point d'observation fut situé à une distance de 4,5 m de la fenêtre et sur le plan de l'appui de fenêtre, c'est-à-dire à 0,75 m au-dessus du sol. Les réflectances du plancher et des murs (33 %) ainsi que celles

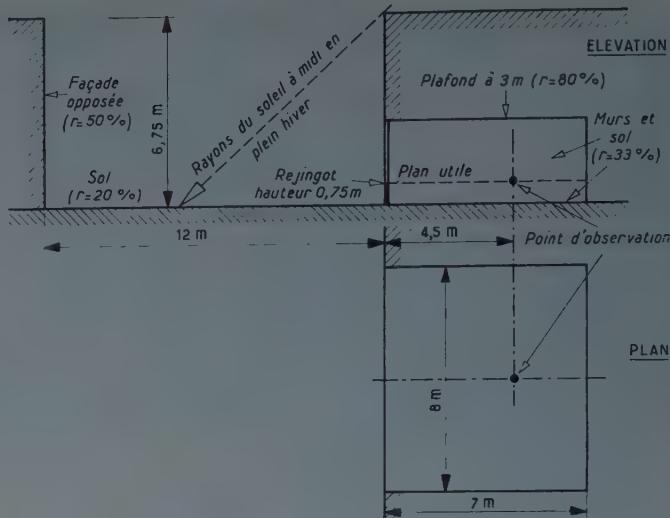


FIG. 11. — Dimensions de la pièce et des bâtiments avoisinants et réflectances des surfaces.

du plafond (80 %) correspondaient à la moyenne pour les couleurs employées normalement dans les écoles, bureaux, etc.

On supposa que la pièce faisait face à un bâtiment de longueur infinie semblable à celui dont elle faisait partie et situé à une distance d'environ 12 m. La façade en vis-à-vis avait une hauteur suffisante pour produire un obstacle d'une hauteur angulaire de 20° au point d'observation. On a constaté que cette hauteur (6,75 m) était approximativement celle d'un bâtiment à deux étages avec une hauteur sous plafond de 3 m. La réflectance du sol extérieur entre les façades était de 20 % et celle des façades elles-mêmes de 50 %. Pour les besoins de cette étude on a supposé que les bâtiments se trouvaient situés sur le tropique du Cancer (lat. 23,5° N.), qu'ils étaient orientés de l'est à l'ouest et que la fenêtre donnait au nord. L'éclairement produit par le soleil fut estimé à 100 000 lx et celui du ciel à 2 500 lx, ces valeurs avaient été mesurées sous un ciel absolument bleu à Toulouse (lat. 44° N.) en mai 1952.

La maquette fut montée sur la table d'un « Héliodon », appareil qui reproduit les mouvements respectifs de la terre et du soleil. Il se compose d'une planche représentant la surface terrestre et sur laquelle la maquette est posée dans la position et l'orientation requises (fig. 12). Cette planche est inclinée à un angle correspondant à la latitude du lieu que l'on veut étudier, et tourne sur un axe vertical de façon à reproduire les variations avec l'heure du jour. Le soleil est représenté par une lampe qu'on peut mouvoir le long d'une échelle verticale graduée pour représenter les différentes parties de l'année (fig. 13). La distance entre l'échelle graduée et la planche est telle que la lumière de la lampe doit toujours atteindre le centre de la planche avec un angle d'incidence correct.

L'emploi de l'héliodon a le grand avantage de reproduire avec simplicité les mouvements de la terre et du soleil et surtout de permettre de suivre les changements qui se produisent à mesure que l'heure avance, et cela pour n'importe quelle partie de l'année, par suite d'une simple rotation de la planche portant la maquette.



FIG. 12.

On a mesuré l'éclairement correspondant à des intervalles d'une heure depuis le lever du soleil jusqu'à son coucher pour cinq périodes différentes de l'année, notamment aux solstices, aux équinoxes et aux périodes à mi-chemin entre les deux.



FIG. 13.

La figure 14 montre comment l'éclairement varie d'heure en heure durant le jour à des périodes différentes de l'année. On constate que l'éclairement demeure assez constant durant les heures de travail et se maintient plus ou moins à un niveau de 1 800 lx, excepté au solstice

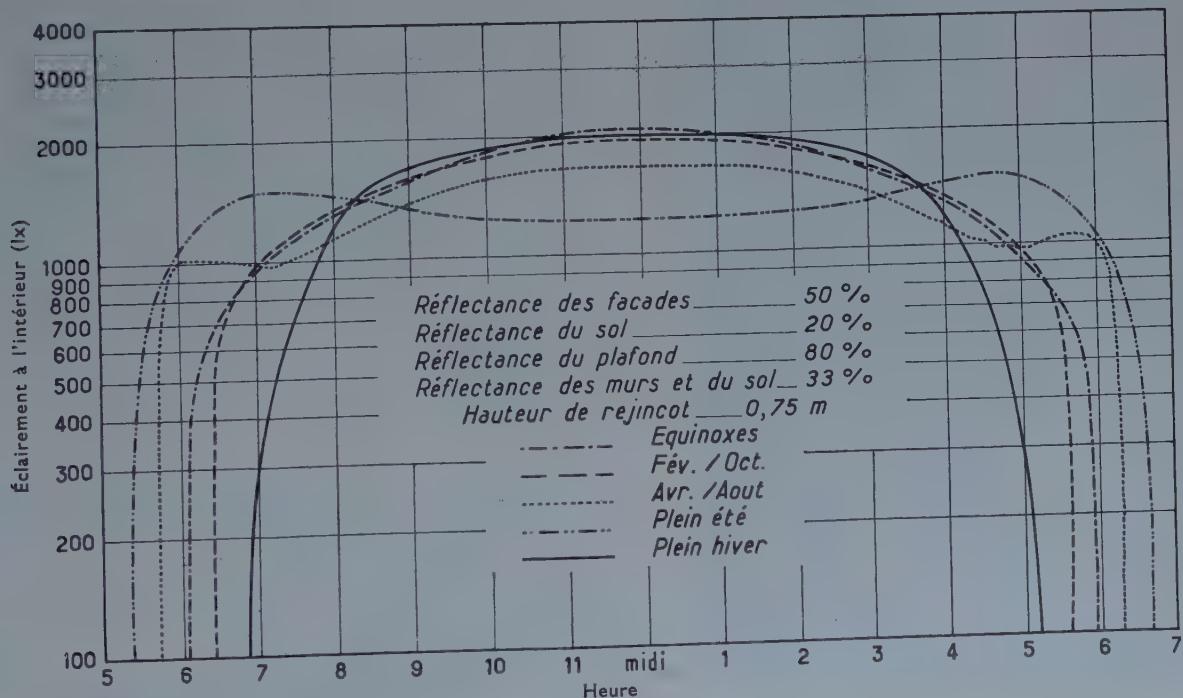


FIG. 14. — Variations de l'éclairement à l'intérieur d'une pièce en fonction de l'heure du jour, lorsque l'orientation du bâtiment est de l'est à l'ouest.

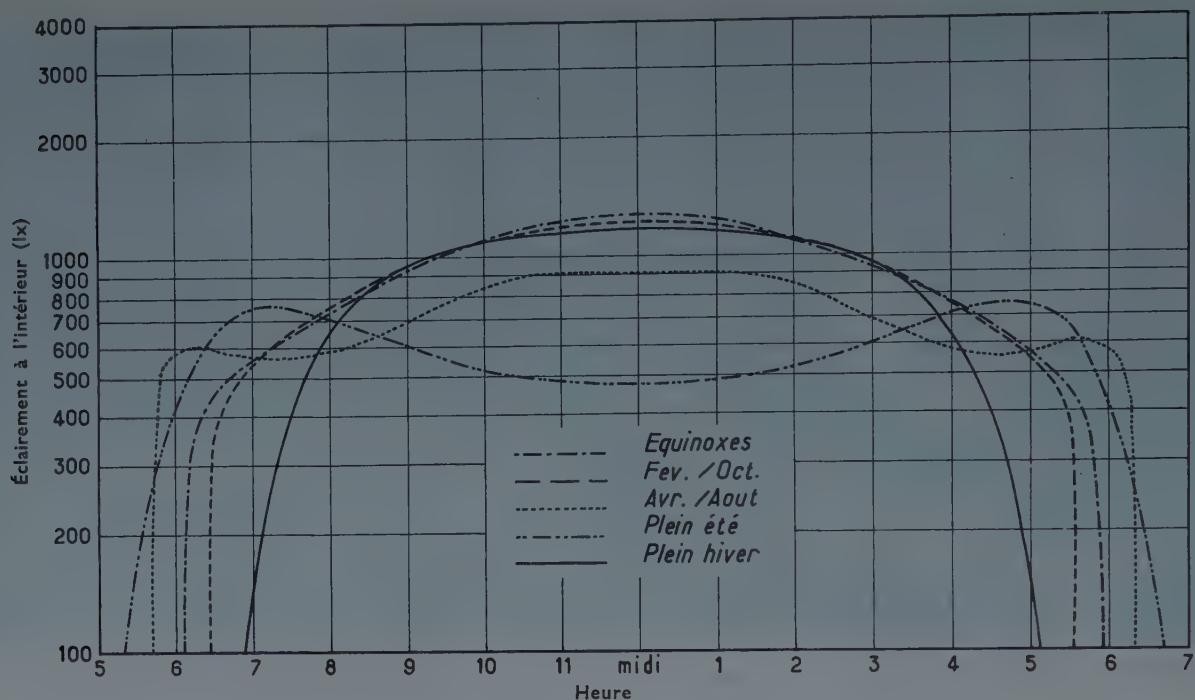


FIG. 15. — Variations de l'éclairement dans une pièce avec fenêtre dont le rejingot est à 1,8 m du sol.

d'été où le niveau d'éclairement n'est plus que de 1 300 lx environ. Ceci est dû au fait que les rayons du soleil tombent alors verticalement et n'éclairent pas la façade vis-à-vis. Par conséquent, toute la lumière est réfléchie par le sol extérieur.

La tendance générale de l'architecture tropicale est d'augmenter la hauteur de l'appui de fenêtre afin d'éliminer la vue directe du sol et des bâtiments brillamment éclairés. En relevant l'appui de fenêtre de 0,75 m jusqu'à 1,8 m, on a constaté que la réduction du niveau d'éclairement était en moyenne à peu près semblable à la réduction de la surface de la baie, c'est-à-dire à peu près la moitié. La figure 15 montre les courbes d'éclairement pour la même pièce mais avec l'appui de fenêtre à une hauteur de 1,8 m. L'éclairement n'est plus que de l'ordre de 1 000 lx, se réduisant à 500 lx vers le solstice d'été.

L'éclairement produit par le ciel seul et calculé à partir du facteur de jour pour la pièce avec l'appui de fenêtre à 0,75 m et pour un ciel tropical d'un bleu profond (2 500 lx), n'est que de 60 lx. Un éclairement de cet ordre ne permet que les tâches visuelles les plus simples ; par conséquent, un ciel tropical d'un bleu profond n'est pas une source de lumière suffisante. Mais la lumière solaire réfléchie produit des niveaux d'éclairement de l'ordre de 1 000 lx lorsque les surfaces ont une réflectance d'ordre courant.

On a étudié l'influence des changements de réflectance des façades et du sol extérieur et des réflectances moyennes du plancher et des murs de la pièce. Après simplification, les résultats obtenus ont donné les valeurs des figures 16, 17 et 18 illustrant l'influence de la réflectance des façades,

du sol extérieur et de la réflectance moyenne des planchers et des murs de la pièce.

Cette étude a démontré qu'avec des bâtiments et une pièce du type étudié, les niveaux d'éclairement produits par la lumière solaire réfléchie sont considérablement plus élevés que les niveaux insuffisants produits par le ciel seul dans des conditions où la luminance est basse. Ces niveaux sont également bien plus élevés que ceux produits par le ciel « standard » de 5 000 lx. Par conséquent il y a de bonnes raisons pour considérer qu'envisager l'usage de la lumière solaire réfléchie constitue la meilleure façon de traiter le problème de l'éclairage naturel dans les tropiques. Quoique ces idées aient été développées principalement pour les régions tropicales (à cause de l'intérêt qu'elles présentent pour les nations du « Commonwealth »), elles pourraient cependant s'appliquer à d'autres

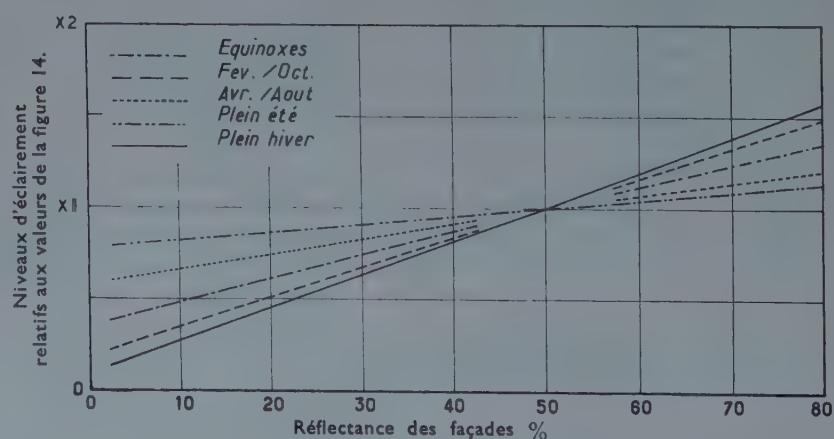


FIG. 16. — Influence de la réflectance des façades sur les niveaux d'éclairement.

contrées où le soleil brille régulièrement, par exemple au sud de la France, en Espagne, en Italie, en Grèce et en Afrique du Nord. Si nos responsabilités à la « Building Research Station » ne s'étendent pas à ces régions, les données accumulées au cours de nos travaux sont entièrement à la disposition de ceux qui pourraient s'y intéresser en France.

Il faut se rappeler que cette étude n'a pas encore dépassé le premier stade et qu'il serait important d'étudier l'urbanisme en région tropicale du point de vue de l'utilisation de la lumière réfléchie et plus particulièrement par rapport à la disposition et aux dimensions des bâtiments et à l'aménagement d'espaces libres en face des fenêtres pour faire fonction de réflecteurs. Il sera également nécessaire d'examiner le problème de la conception des fenêtres elles-mêmes en ce qui concerne la lumière réfléchie et la lutte contre l'éblouissement.

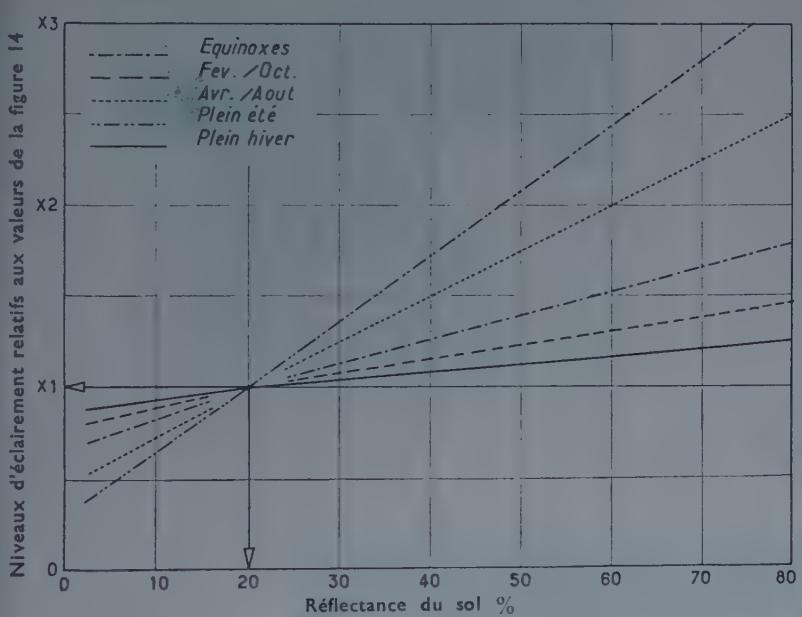


FIG. 17. — Influence de la réflectance du sol sur les niveaux d'éclairement (sol extérieur).

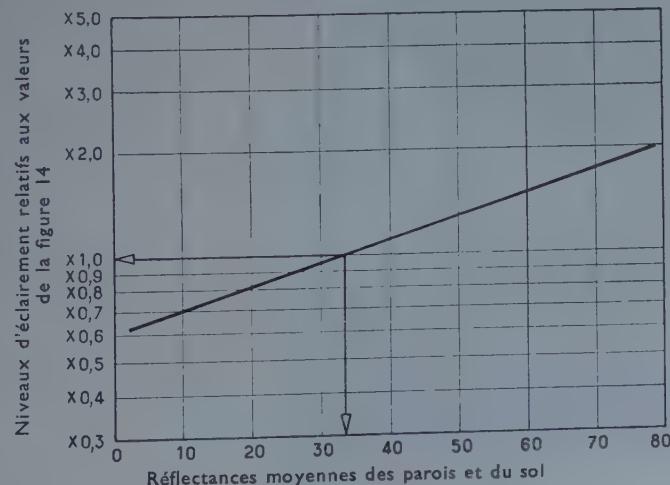


FIG. 18. — Influence des réflectances moyennes des parois et du sol sur les niveaux d'éclairement.

Méthodes photométriques pour mesurer le facteur de jour.

En même temps que les études sur maquette décrites plus haut, nous avons fait un certain nombre de mesures directes dans des bâtiments existants. Le problème photométrique principal qui se pose lors de la mesure du facteur de jour est d'établir le rapport entre l'éclairement du plan utile dans la pièce avec l'éclairement à recevoir du ciel (prospect dégagé). Si le ciel est entièrement couvert le problème est relativement simple mais, comme il arrive souvent, la luminance du ciel n'est ni uniforme ni stable. On n'a pas encore trouvé jusqu'ici, le moyen de résoudre le problème de la mesure du facteur de jour par ciel variable. C'est pourquoi on s'est attaché plutôt à simplifier le mécanisme de la mesure du facteur de jour lorsque la luminance du ciel demeure plus ou moins égale. On a trouvé que la meilleure solution était d'employer un photomètre optique à champ très restreint qui permet à l'observateur de mesurer l'éclairement au point de référence dans la pièce puis de mesurer rapidement une partie donnée du ciel à travers la fenêtre (dont la transmittance peut être déterminée). En faisant l'attention aux détails photométriques tels que les caractéristiques de diffusion de la plaque employée pour les mesures prises à l'intérieur, et en prenant soin d'avoir l'angle correct entre le photomètre et la plaque, il est possible d'obtenir une bonne précision. Le photomètre optique employé pour ces travaux est un téléphotomètre Schuil, représenté sur la figure 19. La luminance du ciel est généralement mesurée à une hauteur angulaire de 45° parce qu'il est établi



FIG. 19.

que la luminance de la zone entre 40 et 45° correspond le mieux à la luminance moyenne. Ceci est valable pour un ciel complètement couvert, dont la luminance au zénith est à peu près trois fois celle de l'horizon. On peut démontrer par le calcul et par les mesures que dans de telles conditions (c'est-à-dire par ciel complètement couvert) la luminance de la zone comprise entre 40 et 45° est égale, numériquement, à l'éclairement produit par la voûte céleste entière (ciel couvert et prospect entièrement dégagé). Ce rapport permet d'effectuer une simplification extrêmement utile.

Cependant, l'usage du photomètre est plus ou moins réservé au spécialiste. Un modèle réduit d'appareil photoélectrique pour mesurer les facteurs de jour a été mis au point et est destiné à l'usage général (fig. 20 et 21) qui, s'il manque un peu de précision, donne cependant des mesures suffisamment précises pour servir aux besoins de l'architecte et de l'entrepreneur. Il s'agit simplement d'un luxmètre photoélectrique auquel on a ajouté deux choses. La première est un écran spécial à persienne qui limite la lumière reçue par la cellule photoélectrique à celle produite par la zone de 40 et 45° mentionnée ci-dessus. Cet écran est fixé à l'instrument au moyen d'une charnière qui permet de le rabattre sur le côté quand on n'en a pas besoin. La seconde est un bouton de réglage qui permet de contrôler la sensibilité de l'appareil et de régler l'aiguille du luxmètre pour une valeur donnée. L'appareil s'emploie comme suit. Il est d'abord braqué vers le ciel avec l'écran en position, ce qui donne une valeur en fonction de la luminance du ciel à une hauteur angulaire de 40 à 45°. L'aiguille est alors ajustée de façon à pointer vers le facteur multiplicateur X 1 sur l'échelle supérieure de l'appareil. Après cela on emporte l'instrument dans la pièce à étudier, on rabat l'écran et on ajuste l'instrument au point de référence, il enregistre alors directement le facteur de jour pour ce point. Si le réglage de l'appareil a été fait avec soin et si l'écran a été bien mis en position pour mesurer la luminance du ciel, il donne

directement le résultat cherché et sans nécessiter d'autre calibration.

Il fut jugé utile de prévoir une série de facteurs de multiplication afin de pouvoir mesurer de très grands facteurs de jours mais, à part cela, l'instrument se lit directement et est d'un emploi extrêmement simple.



FIG. 20.

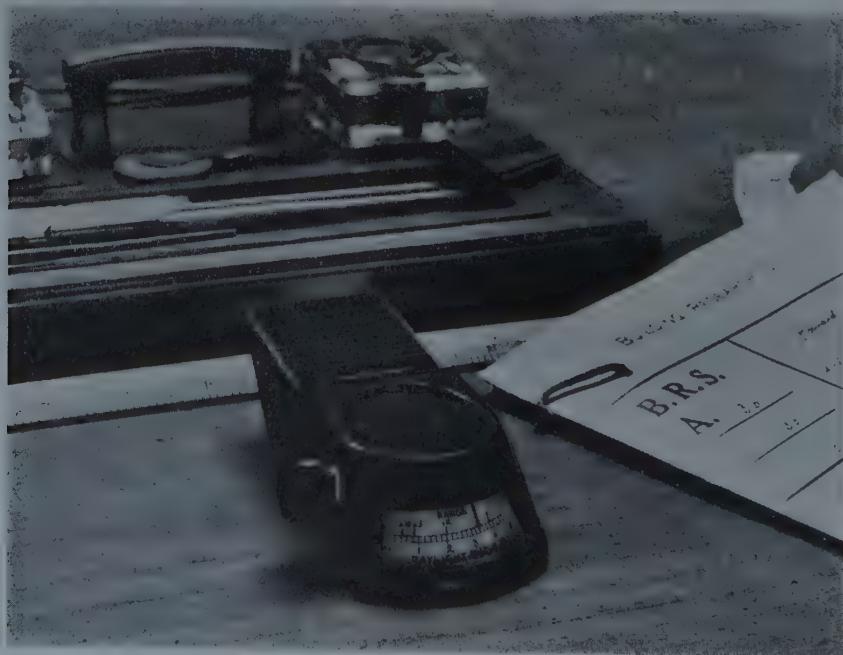


FIG. 21.

Conclusions.

Comme on peut le voir, les travaux décrits ci-dessus ont un caractère essentiellement pratique. On n'a pas essayé de formuler de nouvelles théories pour la prévision ou le contrôle du facteur de jour. On s'est efforcé plutôt de produire quelque chose de suffisamment simple pour être utile à l'architecte dans son travail courant. Ce but n'a pas encore été entièrement réalisé. Il est compréhensible qu'il faut un certain temps avant que les techniques nouvelles pénètrent dans l'enseignement de l'architecture et commencent à faire partie des connaissances générales de l'architecte. Le second stade est évidemment celui de l'éducation. Il serait inutile de pousser l'enseignement de l'architecte au point qu'il puisse se passer de l'aide des experts. Ceci n'est évidemment pas notre but. Mais

l'architecte a besoin d'en savoir assez au sujet des nouvelles techniques de l'éclairage pour pouvoir juger de ce qu'il peut entreprendre par lui-même et à quel moment il devient préférable de faire appel à un expert.

Nous savons qu'il peut se servir des rapporteurs spéciaux et qu'il peut employer la règle à calcul décrite ci-dessus, et aussi qu'il a à sa disposition l'appareil photoélectrique pour mesurer le facteur de jour. Armé de ces trois outils, il peut certainement faire beaucoup plus que par le passé.

Dans la préparation de cette communication j'ai puisé largement aux études expérimentales faites par mes collègues de la Building Research Station et je saisirai cette occasion de les en remercier. Cette communication est publiée avec la permission du Directeur des Recherches D. S. I. R. Building Research Station, Angleterre.

ÉTUDES SUÉDOISES D'ÉCLAIRAGE NATUREL

Par M. G. PLEIJEL.

AVANT-PROPOS DU PRÉSIDENT

Je ne vous présente pas M. PLEIJEL, bien connu de nous par ses travaux sur l'Éclairage naturel, architecte je crois, et professeur à l'Université Technique de Stockholm, nous aurons grand plaisir à entendre sa communication et je lui donne la parole.

En Suède vers 1930, à l'époque du « fonctionnalisme » et de l'exposition de Stockholm, les techniciens de la construction commencèrent à s'intéresser à la lumière du jour et à l'ensoleillement. Cet intérêt se relâcha considérablement lorsqu'on se rendit compte que la solution ne pouvait être trouvée en un tour de main, puis ressuscita petit à petit quand les points de vue sociaux intervinrent dans le problème. Les recherches sur la construction, qui ont apporté la plus importante contribution aux recherches sur la lumière du jour, relèvent maintenant, depuis à peu près six mois, de la Prévoyance Sociale.

qui sont liées aux dimensions des fenêtres et à l'éclairage naturel. Rien cependant n'a prouvé jusqu'à maintenant que nous devrions construire des édifices sans fenêtres, mais je crois par contre que la superficie des fenêtres devrait pouvoir être variable. Dans beaucoup de cas, la lumière du jour pendant les mois d'hiver, est tout à fait insuffisante (fig. 23), et la surface des fenêtres devrait alors être réduite au minimum nécessaire pour que l'on ne se sente pas enfermé. Ces idées sont cependant encore loin d'avoir été acceptées quelque part ou même d'avoir été expérimentées, mais le temps n'est pas si éloigné où les



FIG. 22. — Position extrême de la Suède.

La mappemonde (fig. 22) indique la position extrêmement septentrionale de la Suède et des pays nordiques entre le 54^e et le 70^e parallèle. Aucune autre région civilisée du monde n'est située sous la même latitude, nord ou sud. Le climat est nettement tempéré froid. Que le nord soit cependant habitable tient au Gulf Stream qui apporte la chaleur des régions méridionales. Le soleil se montre à peine en hiver. Par contre, nous avons en été des nuits très courtes et, dans les régions les plus septentrionales, le soleil de minuit et la lumière vingt-quatre heures sur vingt-quatre. Ces conditions extrêmes font que nous devons trouver nous-mêmes une solution à nos problèmes d'ensoleillement et de lumière du jour. Nous avons, en tout cas, beaucoup à apprendre des techniciens de la lumière du jour dans les autres pays, car les problèmes sont, dans l'ensemble, identiques partout, même si l'importance de chacun en particulier varie. Malgré notre position septentrionale, nous avons des difficultés à résoudre à cause de l'excédent de chaleur du rayonnement du soleil, mais notre plus important problème reste cependant celui des déperditions de chaleur en hiver,

déperditions thermiques devront être réduites pour économiser le combustible. Il sera alors nécessaire de faire des calculs thermiques précis et ceci exige

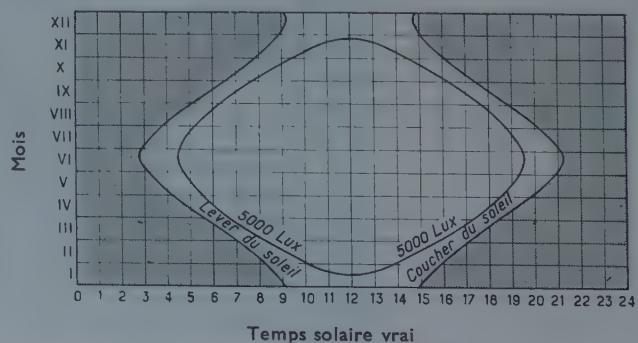


FIG. 23. — Jour et nuit 60° latitude nord.

une technique et une statistique bien au point de la lumière et de la chaleur naturelles dont nous disposons. L'étude du rayonnement naturel provenant du soleil et du ciel doit donc se poursuivre énergiquement de façon continue.

Déjà en 1928, AURÉN avait entrepris l'enregistrement de la lumière solaire et de la lumière céleste à Stocksund près de Stockholm. Il utilisait des photo-cellules au potassium et l'enregistrement photographique. Mais son principal objet résidait dans les problèmes de comportement des végétaux vis-à-vis du rayonnement. Ces enregistrements se poursuivirent jusqu'en 1937, soit sur une période de dix ans [1]. Ils sont très importants pour la technique de la construction. Pendant une période de cinq ans, AURÉN a également enregistré le rayonnement énergétique du soleil et du ciel [2].

L'Institut Météorologique et Hydrologique de Suède a enregistré pendant plus de vingt-cinq ans le rayonnement énergétique du soleil et du ciel. Depuis un an à peu près, on a maintenant séparé le rayonnement du soleil et le rayonnement du ciel et on les a enregistrés séparément.

Avec HESSELGREN, en 1933, j'ai fabriqué les premières maquettes d'essai pour la lumière du jour. Une maquette de pièce d'habitation normale à une échelle de 1/5 était placée sur une fenêtre de l'École Technique Supérieure Royale. Les mesures faites avec des photo-cellules au sélénium, fournirent la preuve de l'importance de la réflexion de la lumière à l'intérieur d'une pièce. Avec des murs clairs, l'éclairage devenait de trois à cinq fois plus fort qu'avec des murs foncés [3]. Grâce à ces essais on put établir des méthodes de calcul aussi bien pour le facteur du ciel que pour les réflexions mutuelles. En se basant sur les résultats de cette expérience, on lança également une campagne pour les murs clairs. La conséquence en fut que la vente des papiers peints clairs augmenta considérablement. Cette campagne se poursuivit ensuite, en grande partie sous forme de propagande pour le conditionnement des couleurs. On souhaitait également introduire les couleurs claires dans les constructions industrielles. Elles ont eu du succès, mais un revirement vers les couleurs plus foncées s'est fait sentir ces derniers temps.

Vers 1940, beaucoup d'expériences ont été faites à l'aide de maquettes sous le ciel naturel par temps couvert. Les maquettes étaient d'apparence et de grandeur très variables, les unes aussi petites que des boîtes à cigarettes, les autres assez grandes pour que l'on puisse s'y introduire à quatre pattes. Je vais en décrire ici quelques-unes



FIG. 24. — Maquette du Musée de Norrköping.

qui font bien comprendre cette technique spéciale de mesure.

La figure 24 présente une maquette à l'échelle de 1/5 construite pour l'étude de la lumière du jour dans un projet du Musée de Norrköping. Elle fut transportée sur un camion à l'endroit où le Musée devait être érigé et la lumière du jour fut étudiée sur place dans la maquette.

Pour le nouveau grand amphithéâtre de l'École Technique Supérieure, on étudia la lumière du jour à l'aide d'une petite maquette à l'échelle de 1/50. Elle fut placée en plein air. Sous un ciel couvert, l'éclairage fut mesuré avec une petite photo-pile au sélénium et un galvanomètre. La technique de la mesure est donnée par les figures 25 a, b et c.

La plus grande difficulté qui se présente lors d'expériences avec de telles maquettes est que le ciel naturel est



FIG. 25 a. — Mesure de la lumière du ciel.



FIG. 25 b. — Les photos-cellules sont placées dans la maquette.



FIG. 25 c. — Mesure de la lumière dans la maquette.

rarement couvert de façon uniforme. On peut être obligé d'attendre longtemps les conditions météorologiques convenables, surtout en été. Il est donc préférable de faire ces expériences en hiver où le temps est plus souvent couvert.

Pour pallier ces difficultés, j'ai construit, en 1940, afin d'obtenir une recherche systématique plus importante, un ciel artificiel de construction spéciale. Avec un tel ciel on peut travailler n'importe quand, indépendamment des conditions météorologiques. Les expériences deviennent très faciles à exécuter, la lumière du ciel étant constante et ne variant pas d'une minute à l'autre. Ce ciel était constitué par une caisse dont le fond était en verre opale. A l'intérieur de la caisse : quatre lampes de 300 W chacune. La caisse était placée au-dessus de la maquette représentant une rue ou une cour (fig. 26). Le verre opale faisait l'office d'un ciel de luminance uniforme. L'installation de la maquette se complétait d'une ou deux maquettes de pièces d'habitation à une échelle de 1/15 (fig. 27 et 28). Dans celles-ci, on mesurait l'éclairement

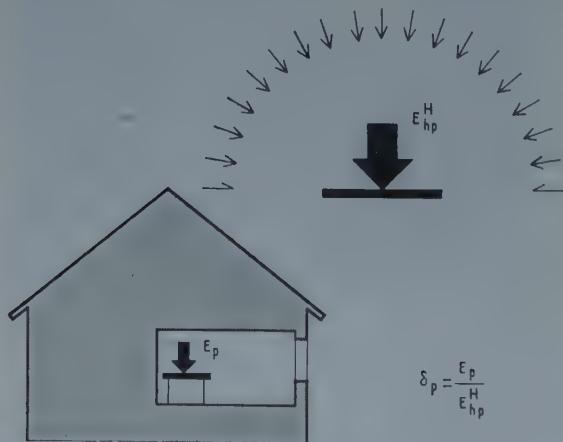


FIG. 26. — Le facteur lumière du jour est le rapport entre l'éclairement intérieur et extérieur (comparer avec la figure 25).

avec une petite photo-pile au sélénium. En quelques mois on a pu faire 30 000 mesures, ce qui eût été impossible avec des maquettes sous le ciel naturel [4].



FIG. 27. — Ciel artificiel avec maquette de rue et maquette de pièce d'habitation (1940).



FIG. 28. — Autre maquette de pièce d'habitation (1940).

Les résultats de ces expériences ont été utilisés plusieurs fois, entre autres lors de l'étude de l'éclairage naturel dans les projets d'immeubles hauts du centre de Stockholm [5] (fig. 29), et lors de la réalisation du diagramme pour la détermination des dimensions convenables des fenêtres [4, p. 33-38].

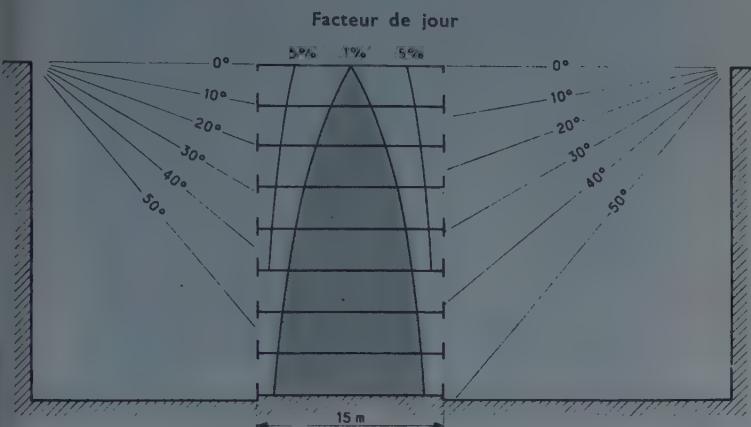


FIG. 29. — Lumière du jour dans un immeuble de bureaux. Les parties de l'immeuble qui ont un facteur de jour < 1 % ne conviennent pas au travail de bureau.

Ce ciel artificiel ne pouvait cependant pas être utilisé pour les maquettes de maisons isolées. Les recherches sur de telles maquettes doivent toujours être faites à l'extérieur avec le ciel naturel comme source de lumière. Pour pouvoir réaliser également de telles expériences n'importe quand, j'ai construit en 1946 un autre ciel artificiel. Étant donné sa taille, il fut placé dans le grenier de l'École Technique Supérieure. Il reçut la forme d'un grand dôme légèrement aplati éclairé par-dessous avec seize lampes de 220 W (fig. 30). Le diamètre était de 6,5 m et la surface libre devant les lampes avait un diamètre de 3,5 m. On pouvait placer des maquettes assez grandes



FIG. 30. — Ciel artificiel (1946).

sur cette surface, avec plusieurs bâtiments ou des espaces libres de formes irrégulières. Les figures 31 et 32 montrent quelques maquettes isolées.

Sous ce ciel, on fait exactement les mêmes mesures que sous le ciel naturel. L'« éclairement extérieur » est obtenu



FIG. 31 a. — Maquette pour l'Université de Lund (amphithéâtre).

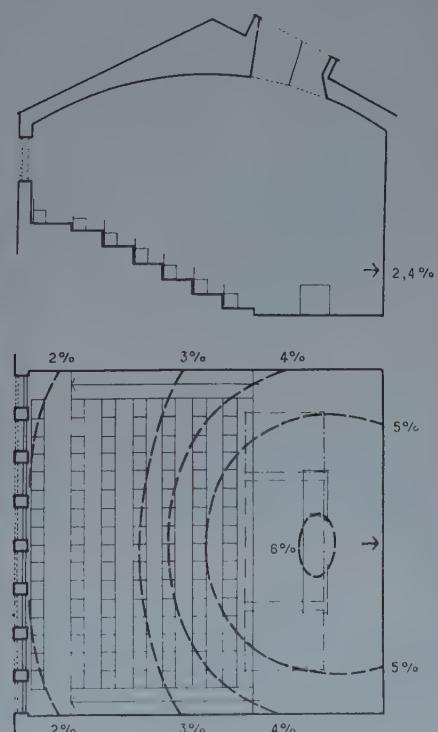


FIG. 31 b. — Coupe et plan avec lignes iso-facteurs de jour en pour cent.



FIG. 32 a. — Maquette de construction industrielle.

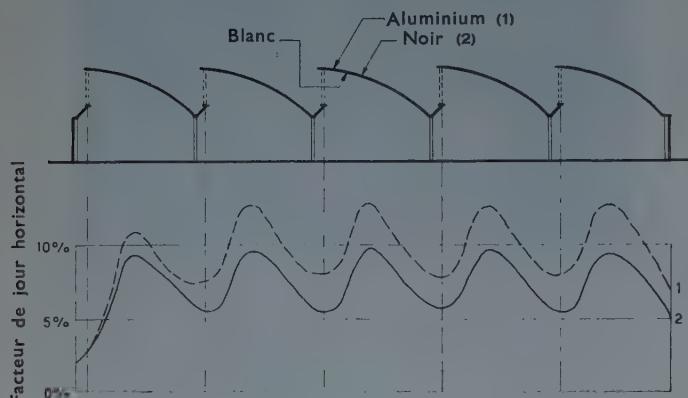


FIG. 32 b. — Coupe avec facteurs de jour en pour cent.

en plaçant la photo-pile horizontalement au-dessus des maquettes. On effectue ensuite les mesures à l'intérieur des maquettes et on compare ces éclairements mesurés avec l'« éclairage extérieur », ce qui donne une valeur qui correspond au facteur de jour. A l'aide de statistiques sur l'éclairage extérieur réel, on peut ensuite calculer les variations de l'éclairage à l'intérieur des bâtiments pour toutes les heures du jour et de l'année.

Une centaine d'expériences ont été faites sous ce ciel à l'aide de maquettes. Nous allons en décrire ici quelques-unes.

On devait construire un amphithéâtre dans un nouveau bâtiment pour l'Université de Lund. Un type convenable de lanterneau fut essayé à l'aide d'une maquette placée sous le ciel artificiel. La figure 31 montre la maquette (a), l'installation du lanterneau et le résultat (b) obtenu pour l'éclairage.

Plusieurs expériences ont été faites pour l'industrie, surtout avec des lanternes de constructions variées qui ont été comparés au point de vue de l'intensité et de la bonne répartition à la lumière du jour. On a aussi essayé de compléter des fenêtres latérales placées assez haut par un lanterneau central. La figure 32 donne un exemple de maquette et le résultat des expériences.

Ces derniers temps, la construction des écoles est à l'ordre du jour et on a étudié différents systèmes d'éclai-

rage bilatéral des salles de classe. Le but poursuivi dans les expériences est le plus souvent d'équilibrer les deux fenêtres par rapport l'une à l'autre, de façon à ce que la lumière arrive sur les élèves de façon prédominante du côté gauche et que l'éclairage soit aussi bien réparti que possible. Un type de tel éclairage bilatéral satisfaisant, consiste en une grande fenêtre haut placée, légèrement inclinée sur toute la longueur de la salle de classe. Cette fenêtre est le plus souvent au-dessus d'un corridor contigu à la salle de classe. Elle doit être orientée au nord, sinon la température est trop élevée au printemps et en été. A droite des élèves se trouvent ensuite, à hauteur normale, de petites fenêtres ayant pour but de maintenir le contact avec l'extérieur et à travers lesquelles le soleil peut briller sans trop gêner. La figure 33 présente la coupe d'une telle école.

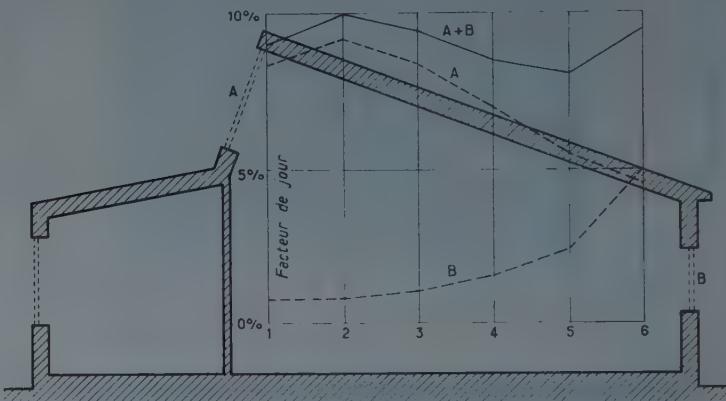


FIG. 33. — Maquette de salle de classe.
Coupe avec facteurs de jour en pour cent.

Les maquettes peuvent aussi être employées pour l'étude de l'ensoleillement. Dans les bureaux privés d'architectes on utilise soit le vrai soleil, soit une lampe ordinaire de table à dessiner comme soleil et des maquettes en combinaison avec un cadran solaire miniature. Le cadran solaire est orienté d'après la flèche nord de la maquette. En tournant et inclinant la maquette, on peut ensuite amener le cadran solaire à montrer le moment du jour et de l'année que l'on désire étudier. La formation d'ombres dans les plans de villes et le rayonnement du soleil dans les pièces à travers les fenêtres peuvent être rapidement connus de cette façon. La figure 34 a montre un cadran solaire valable pour la latitude 48° N., en combinaison avec le vrai soleil en plein air (fig. 34 b) et avec une lampe de table à dessiner le soir (fig. 34 c). Nous utilisons comme soleil à l'École Technique Supérieure un projecteur de 500 W et les maquettes sont placées à 5 m de distance de celui-ci.

En même temps que se développaient ces méthodes expérimentales pratiques, on étudiait aussi de façon purement théorique l'ensoleillement et l'éclairage naturel au moyen d'abaques de différentes sortes. Lors de mon examen d'architecte à l'École Supérieure en 1934 j'ai d'ailleurs établi des abaques pour calculer le facteur de ciel, ainsi qu'une méthode simple pour calculer les réflexions mutuelles [6]. Les abaques sont corrigés pour tenir compte de l'absorption de la lumière à travers un verre à vitres. Ces diagrammes ont été très employés et sont encore en usage actuellement.

Une méthode qui convient aux architectes pour le calcul de la lumière du jour est la méthode perspective.



FIG. 34 a. — A courte distance du cadran solaire.

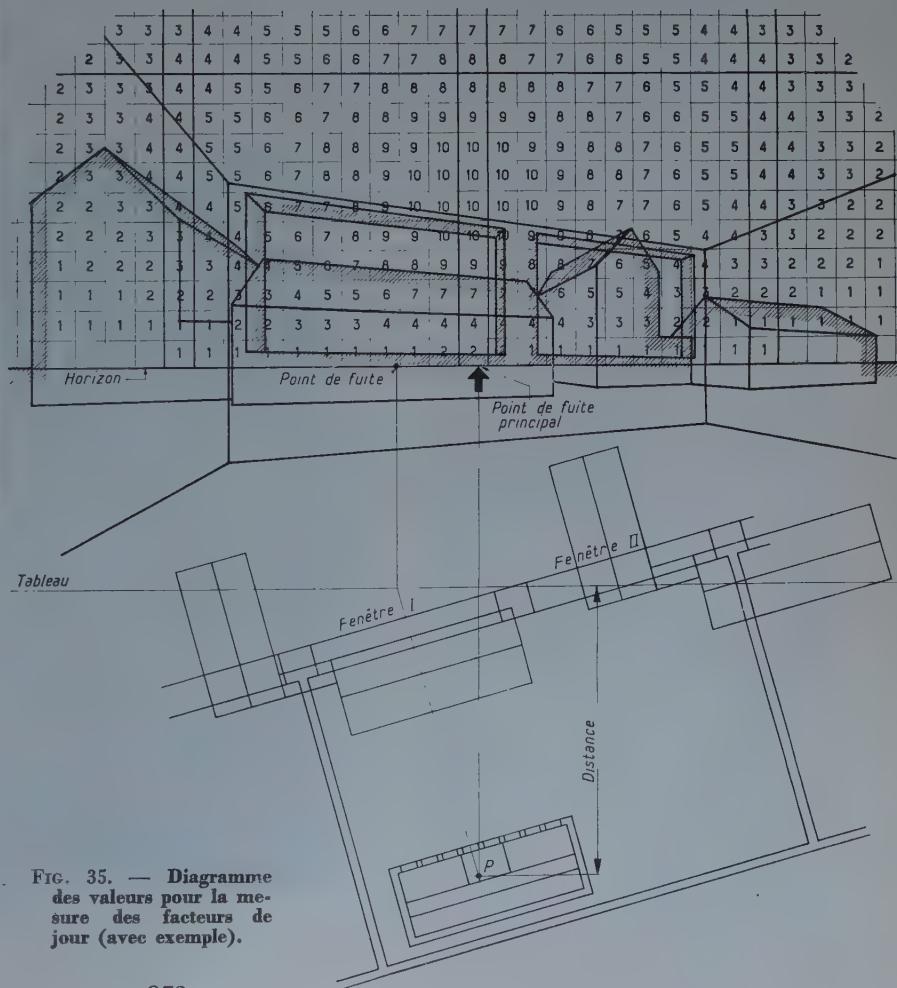


FIG. 34 b. — Recherches des ombres avec le soleil comme source de lumière.



FIG. 34 c. — Recherche avec lampe de table à dessiner comme source de lumière.

Les diagrammes qui sont alors employés peuvent être faits de nombreuses manières. J'ai donné aux miens le nom d'abaques des valeurs, car le plan vertical du « tableau » est divisé en carrés égaux ayant chacun sa valeur. Celle-ci donne le facteur de jour du carré. Le diagramme est combiné avec une perspective et on additionne les valeurs relatives aux carrés recouverts par le ciel pour obtenir le facteur de jour (fig. 35). Ces diagrammes peuvent être corrigés pour le cas d'absorption par un vitrage double [7].



On a publié diverses formes de cartes solaires. Celles que j'ai moi-même construites [8] sont basées sur une projection cylindrique, avec axe vertical. Elles sont très claires mais ont été peu utilisées car elles ont été remplacées par de nouveaux types plus pratiques [9]. J'ai égale-

Ces cartes solaires ont surtout été employées pour l'étude d'emplacements de constructions, scolaires par exemple. Il faut toujours tenir compte pour celles-ci d'une grande cour de récréation, qui doit être suffisamment ensoleillée. On recherche alors les différents emplacements

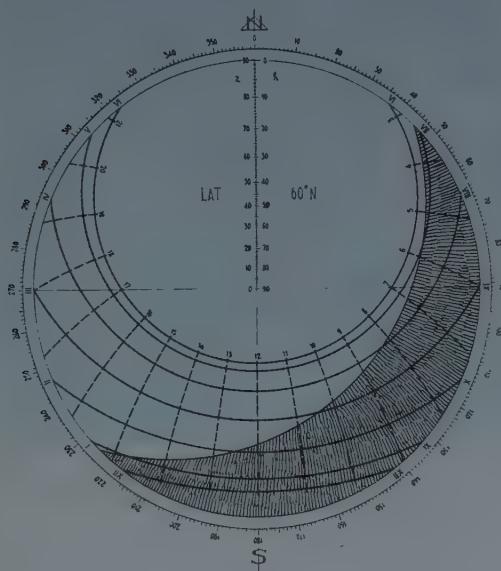


FIG. 36. — Carte solaire pour 60° nord avec le diagramme d'obstruction d'un bâtiment infini.

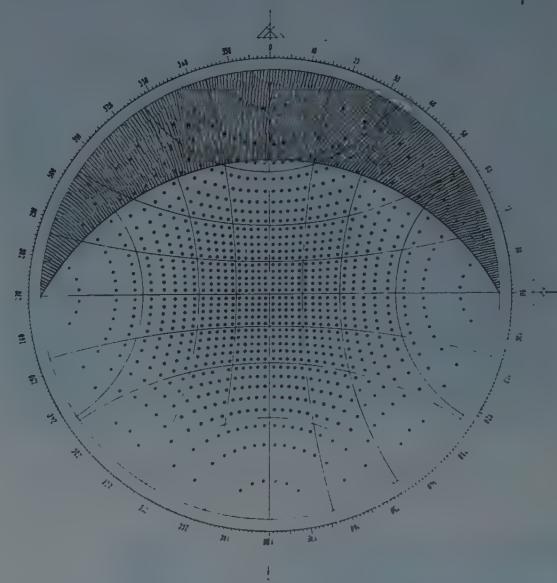


FIG. 37. — Diagramme d'obstruction d'un bâtiment infini sur carte à calculer le facteur de jour.

lement construit un appareil photographique à trou d'aiguille pour le calcul du rayonnement solaire [8].

Depuis que s'amorça la collaboration internationale sur les questions de lumière du jour lors du congrès C. I. E. à Paris en 1948, j'ai travaillé à de nouvelles méthodes de calcul avec des diagrammes d'un type spécial, tous construits de la même façon. En Australie et en Suède, ont été dessinées à peu près en même temps, des cartes solaires de ce type [9]. Lors de travaux pratiques, il s'est avéré que le travail était considérablement facilité si les cartes solaires étaient polaires. Différents types polaires ont été essayés et celui qui a été choisi est une projection stéréographique de la voûte céleste où sont dessinés les trajets du soleil. La figure 36 indique comment se présente une telle carte solaire. J'ai fait pour la Suède, neuf cartes solaires de ce type, une pour un parallèle sur deux.

On utilise une telle carte solaire de la façon suivante : avec un diagramme de secours, on dessine un diagramme d'obstruction dans le même système de projection que la carte solaire. Ce diagramme d'obstruction est placé sur la carte et les parties des trajets du soleil qui ne sont pas couvertes par le diagramme peuvent facilement être lues (fig. 36).



FIG. 38. — Globoscope.

de construction par rapport à l'ombre provenant de parties élevées du terrain, de forte végétation, arbres, bâtiments, etc. Dans les quartiers très construits, dans les terrains de jeux pour les enfants, lors de projets d'immeubles élevés, on peut aussi avec ces cartes solaires étudier la pénétration du soleil.

Ce qui exige le plus de travail lors de telles études est le dessin de la figure d'obstruction. C'est pour cela qu'il s'est avéré pratique de tracer également d'autres diagrammes de calcul dans la même projection que les cartes solaires [10]. Pour 60° N., j'ai donc établi des abaques pour le calcul du rayonnement énergétique, du rayonnement lumineux ainsi que du rayonnement ultra-violet du soleil. Même pour le rayonnement du ciel, la méthode convient très bien et on a également établi des abaques spéciaux pour de tels calculs (fig. 37). Ils n'ont cependant pas encore été utilisés suffisamment longtemps pour que l'on puisse juger de leur valeur.

En même temps que ces diagrammes, j'ai construit un nouvel appareil pour prises photographiques des diagrammes d'obstruction (fig. 38). L'appareil se compose d'un miroir paraboloidé dont l'axe de symétrie vertical est photographié du dessus. La courbure et la grandeur du miroir sont telles que l'image englobe toute la voûte céleste,

jusqu'à 60-70° au-dessus de l'horizon. J'ai appelé cet instrument « globoscope » [11]. Les photographies qu'il permet de prendre peuvent être combinées avec les diagrammes stéréographiques, puisque la reproduction, par suite de la forme paraboloïde, sera stéréographique (fig. 39).



FIG. 39. — Globoscope photo avec la carte solaire.

Un problème qui est lié de près à celui de l'éclairage naturel et de l'ensoleillement, est celui des fenêtres au point de vue de l'économie de combustible. En Suède,

KREUGER [12] a fait des expériences qui montrent comment on peut calculer les dimensions de fenêtres favorables entraînant un minimum de dépenses d'énergie (lumière + chaleur). En ce moment, à l'École Technique Supérieure, ont lieu des expériences pratiques sur la transmission de chaleur des fenêtres à la fois du dedans au dehors (pertes de chaleur) et du dehors au dedans (chaleur du soleil et du ciel). Nous essayons là aussi différents dispositifs (jalousies, rideaux) pour remédier et aux pertes et au rayonnement trop intensif (fig. 40).



FIG. 40. — Appareils pour la recherche de l'économie de combustible pour les fenêtres.

J'espère que beaucoup de techniciens liront ce court exposé des recherches sur l'éclairage naturel en Suède, et qu'il contribuera à faire croître à la fois l'intérêt pour les problèmes de l'éclairage naturel et la collaboration internationale indispensable pour parvenir à un résultat dans ce domaine.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] AURÉN (T. E.), Radiation Climate in Scandinavian Peninsula. *K. Sv. Vet. Akad. Arkiv Mat. Astr. Fys.* Bd 26 A, n° 20, 1939.
- [2] AURÉN (T. E.), Solar Radiation at Different Latitudes and Declinations of the Sun. *K. Vet. Akad. Arkiv Mat. Astr. Fys.* Bd 31 A, n° 11, 1944.
- [3] Comité d'études de l'éclairage du jour et de l'éclairage artificiel. Rapport du Secrétariat (Comité suédois). C. I. E. *Compte rendu de séances*, 1935, p. 554-560.
- [4] PLEIJEL (G. V.), *Daylight Investigation*. Statens Kommittee för Byggnadsforskning. Rapport n° 17, Stockholm, 1948.
- [5] PLEIJEL (G. V.), Lumière du jour dans le centre d'une ville. C. I. E. *Proceedings* (Ff). Stockholm, 1951.
- [6] PLEIJEL (G. V.), Reflected daylight and model studies. *Building Research Congress* 1951, p. 167-171.
- [7] PLEIJEL (G. V.), Valördiagram för beräkning av direktkvoter (Abaques des valeurs pour calcul des facteurs de jour.) *Byggmästaren*, 1947, n° 3, p. 46-49.
- [8] PLEIJEL (G. V.), Soldiagram och soltidskamera. (Carte solaire et camera à trou d'aiguille.) *Byggmästaren*, 1936, n° 15, p. 187-190.
- [9] PLEIJEL (G. V.), Soldiagram, skärmdiagram och himmelsjudsdiagram för Sverige. (Carte solaire, carte d'obstruction et diagramme de l'éclairement horizontal du ciel.) *Tekniska Skrifter*, n° 118. Teknisk Tidskrifts förlag, Stockholm, 1945.
- [10] PLEIJEL (G. V.), Nomograms for Computation of Radiation from Sun and Sky. I. V. A., 1952, n° 5, p. 224-229.
- [11] PLEIJEL (G. V.), Globoskopet. *Byggmästaren*, 1952, B 10, p. 219-224.
- [12] KREUGER (H.), *Byggnadsteknisk ljusekonomi*. (Économie de lumière du jour et construction des bâtiments.) *Statens Kommittee för Byggnadsforskning*. Meddelande, n° 18, 1950.

ÉTUDES ALLEMANDES D'ÉCLAIRAGE NATUREL

Par M. W. ARNDT.

AVANT-PROPOS DU PRÉSIDENT

La parole est maintenant au Docteur ARNDT, professeur à l'École Polytechnique de Berlin, théoricien allemand bien connu.

Il y a bien longtemps déjà que chez nous on se préoccupait des problèmes posés par l'éclairage au jour naturel. Des noms connus de tous, tels que ceux d'un Hermann COHN, Leonhard WEBER, A. BURCHARD qui, en partie, au cours du dernier siècle déjà, ont apporté leur contribution à la solution de ces problèmes, en sont la meilleure preuve. Il y a quelques dizaines d'années nous avons publié des « règles pour l'éclairage naturel », règles qui avaient été conçues en collaboration par des éclairagistes, des architectes, des hygiénistes et l'Office chargé de la surveillance des constructions. En 1935, ces « règles pour l'éclairage naturel » furent normalisées sous l'appellation DIN 5034.

Aujourd'hui, pour plusieurs raisons, ces règles ne sont plus d'actualité. Il se peut que la principale raison en soit le fait qu'elles n'offrent que des données trop peu concrètes, trop peu aptes à être appliquées immédiatement pour le calcul des dimensions des fenêtres et des autres éléments d'éclairage naturel. S'il est indispensable que ces règles pour l'éclairage naturel soient basées sur des données techniques incontestables, il faut, pour qu'elles remplissent leur but, qu'elles soient à la portée des architectes. La technique de l'éclairage naturel n'est susceptible d'intéresser ces derniers que si elle leur offre des données précises sur les dimensions des fenêtres. En d'autres termes : il faut que le vocabulaire de l'éclairagiste soit, lorsqu'il s'agit de telles règles, traduisible pour l'architecte, tant dans son vocabulaire propre que dans son idéologie. C'est pourquoi nous sommes en train d'établir les nouvelles règles destinées à remplacer celles connues sous la dénomination DIN. Nous ne nous basons pas seulement pour ce travail sur les diverses études et travaux entrepris au cours des dix dernières années dans de nombreux pays sur l'éclairage naturel, études et travaux dont il a été question lors des dernières réunions de la Commission Internationale de l'Éclairage (C. I. E.), mais nous nous sommes encore livrés à des travaux préliminaires et, moi-même, en qualité d'éclairagiste, y ai participé, secondé en grande partie par le professeur BÜNING, Architecte, que je suis heureux de voir prendre part à cette réunion, étant donné qu'au cours des journées qui vont suivre, lors de la séance de la C. I. E. Commission « Lumière Naturelle » il fera un exposé sur les toutes dernières recherches qu'il vient de terminer pour le compte du Ministère de l'Habitation de la République Fédérale Allemande sur le dimensionnement des fenêtres.

Ce n'est pas dans la mesurabilité du facteur de lumière du jour, ni dans le souci d'une répartition égale de la luminance du ciel, que nous voyons pour les architectes chargés d'établir des règles directement applicables, les difficultés essentielles, mais bien :

a) Dans la multiplicité des facteurs tels que :

L'angle d'obstruction;
La largeur de la pièce;
La profondeur de la pièce;
Le facteur de réflexion de la pièce;

qui exercent une influence sur la répartition de la lumière dans la pièce.

b) Dans le fait que la distribution de lumière du jour dans une pièce éclairée sur une seule façade est très inégale.

c) Dans le fait qu'il est difficile de trouver une base simple et incontestable pour l'évaluation technique de la lumière, même lorsque pour la dimension des « distributeurs » de lumière du jour on tient compte d'une répartition uniforme de la luminance du ciel.

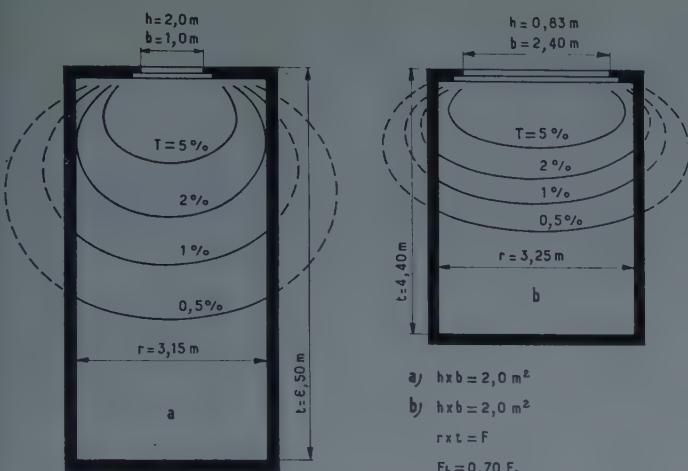
C'est sciemment que, pour la réalisation de ce travail, nous nous basons sur la supposition d'une répartition uniforme de la luminance du ciel parce que nous tenons à ce que même dans les circonstances les plus défavorables, c'est-à-dire un ciel uniformément gris, les pièces soient suffisamment éclairées par la lumière naturelle.

Même si par de nombreuses et récentes études on a réussi à éclaircir pour une large part les nombreuses relations existant entre la technique de l'éclairage et la dimension des fenêtres dans les pièces les plus diverses, il restait encore à éclaircir et résoudre les points suivants :

a) Quel est le degré d'éclairement ou de facteur de lumière du jour ?

b) Quels sont, dans la pièce, les points qui doivent servir de base pour l'évaluation technique de l'éclairement et, par conséquent, de la juste évaluation de la dimension des fenêtres ?

On s'est maintenant mis d'accord sur ce point en Allemagne. Les éclairagistes, les spécialistes du bâtiment et les hygiénistes sont d'avis que : pour les appartements, un facteur de lumière du jour $T = 1\%$ au centre de la pièce soit de rigueur. Cela en supposant naturellement que $T = 1\%$ ne règne pas seulement en un point du centre de la pièce, mais varie peu sur toute la ligne qui, passant par ce point, est parallèle à la façade où sont situées les fenêtres. Dans des pièces éclairées par des fenêtres situées sur une seule façade, que l'horizon soit libre ou que le prospect soit obstrué uniformément, les lignes d'égale valeur de facteur de lumière du jour prennent à peu près la forme d'ellipses. L'éclairage sera donc réparti dans des pièces d'habitation selon la figure 41. Cette dernière représente les lignes d'égale valeur de facteurs de lumière du jour qui sont obtenues lorsque deux pièces



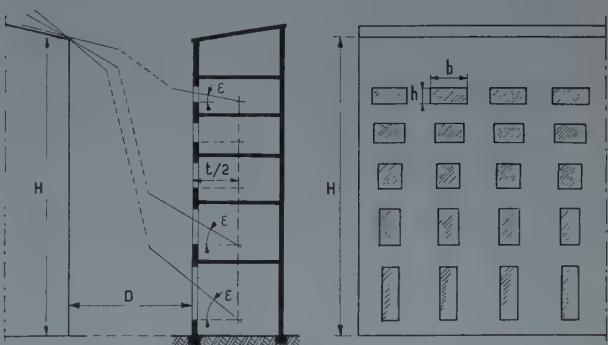
d'habitation de largeur et de profondeur différentes ont le même angle d'obstruction, c'est-à-dire, sont situées au même étage. On voit donc que l'exigence $T = 1\%$ est satisfaite à mi-profondeur de la pièce. La surface des fenêtres des différentes pièces représentées sur la figure 41 est la même, bien que la hauteur des fenêtres h et la largeur des fenêtres b soient différentes.

De ces considérations, on pourra finalement déduire ce qui suit : désire-t-on que toutes les pièces de même largeur et de même profondeur d'un immeuble à plusieurs étages soient dotées, en ce qui concerne la technique de l'éclairage, de la même équivalence et représente-t-on cette équivalence par $T = 1\%$? On ne pourra y parvenir que si ces pièces sont pourvues de fenêtres dont la hauteur et la largeur varieront selon les étages (fig. 42). Il est possible que la façade résultant de telles déductions étonne quelque peu les architectes.

Mais ce ne sont pas seulement ces déductions qui décideront de l'exécution ou non de cette façade. Il faudra encore tenir compte d'autres considérations architecturales. On peut encore discuter sur la question de savoir si l'on aura l'impression que les locaux selon la figure 42 sont éclairés de façon égale. Mais si pour en décider on se base sur le fait que $T = 1\%$ au milieu de la pièce est seul décisif, on pourra en avoir la certitude.

Nous sommes d'avis que cette exigence du facteur $T = 1\%$, approuvée chez nous, est extrêmement importante. Elle ne saurait cependant trouver son application que pour les locaux d'habitation. Le facteur de lumière du jour dont on doit tenir compte pour l'éclairage de locaux industriels et commerciaux éclairés par des fenêtres situées sur une même façade n'a pu être encore définitivement fixé. Le niveau d'éclairage admis pour les locaux d'habitation ne saurait plus suffire étant donné qu'il faut tenir compte de ce qu'il doit être, autant que possible, tiré parti de la totalité de l'espace des locaux industriels et commerciaux.

Ce qui précède vous donne donc un bref aperçu des travaux et problèmes qui, dans le domaine de l'éclairage au jour naturel en Allemagne, nous préoccupent actuellement. Je suis très heureux que l'*Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics* ainsi que le *Comité Français de l'Eclairage et du Chauffage* m'aient donné l'occasion de faire ce court exposé et je les en remercie bien vivement. Nous sommes également venus ici pour prendre part à des séances de travail organisées sur l'instigation de la Commission d'Études de la C. I. E. « Lumière Naturelle »



du Jour ». J'espère que toutes ces manifestations contribueront à rapprocher les différents points de vue de ce problème et que nous pourrons tous, lorsque nous rentrerons chez nous, ramener de France la certitude d'avoir fait un pas en avant dans l'unanimité de nos efforts et réalisé un progrès pour le bien-être de l'humanité.

CONCLUSION DU PRÉSIDENT

Nous nous réjouissons de la qualité des exposés que nous venons d'entendre.

Paris a souhaité la bienvenue à nos visiteurs en les accueillant avec un soleil magnifique. Il me reste personnellement à vous souhaiter des séances de travail fructueuses.

Il est certain que les exposés du professeur PLEIJEL, du professeur ARNDT et de M. DOURGNON nous ont donné une vue d'ensemble tout à fait réjouissante. Nous retrouvons cette préoccupation, dans vos travaux, de chercher à les traduire en des formules qui soient à la portée de tous, et je crois que c'est là le problème le plus difficile. Je vous souhaite donc bonne chance dans votre travail et un bon séjour à Paris. Et comme nous risquons d'être pris par le temps, pour ne pas abréger la discussion et avant de l'ouvrir, je vous dis au revoir et vous remercie avant tout.

M. CADIERGUES, voudriez-vous nous dire quelques mots des études françaises ?

M. CADIERGUES. — Je n'avais pas l'intention de parler sur le plan personnel, mais plusieurs personnes me l'ont demandé avec insistance.

Il est assez gênant que, dans de telles réunions, nous ne présentions pas de travaux français. J'ai hésité à en parler parce que malheureusement ils sont relativement réduits.

Les études que nous avions faites il y a un certain temps étaient des études de caractère climatologique exécutées avec un souci pratique, c'est-à-dire que les renseignements climatologiques que nous avons réunis et transformés en formules, ont été utilisés dans diverses études pratiques, à la limite à la fois des études thermiques et des études d'éclairage. Ces études climatologiques ont porté sur les valeurs moyennes de l'énergie solaire et sur les valeurs moyennes de l'énergie céleste, avec également étude sur la transformation de ces unités énergétiques en unités lumineuses. Pour la France il s'avère que nos résultats simplifiés sont assez exacts, ainsi que pour plusieurs régions du globe — celles qui entourent la France; — on peut calculer, connaissant simplement la latitude du lieu et les caractéristiques météorologiques (fréquence d'ensoleillement de la période considérée), l'énergie reçue en moyenne par le soleil et l'énergie reçue en moyenne par le ciel. Pour certaines études plus complètes, il n'est pas suffisant de connaître seulement les valeurs moyennes; nous avons cherché à établir des tables qui permettent de déterminer pour une période donnée, connaissant la latitude, le nombre de jours par an où le niveau énergétique ou lumineux atteint ou dépasse certaines valeurs. Ceci permet de savoir par exemple, étant donné tel facteur de jour, étant donné aussi qu'on ne peut pas travailler au-dessous de 100 lux dans un bureau, le nombre d'heures où il est nécessaire d'utiliser l'éclairage artificiel.

Jusqu'ici — et cela a été la solution allemande — on admet des valeurs de facteurs de jour telles que celle de 1 % au milieu des pièces. Je ne voudrais pas entrer en discussion à ce sujet, mais en France nous nous refusons presque tous à utiliser des standards de ce genre, et nous estimons que c'est vraiment un cas d'espèce et que l'étude économique doit être faite comme nous avons essayé de le faire pour certains cas particuliers.

Pour faire ces études nous avons, d'une part le facteur climatologique (celui que nous venons d'examiner), d'autre part le facteur architectural : forme des bâtiments, des fenêtres, dimensions, etc., que nous allons examiner maintenant.

Nous n'avons pas fait des études expérimentales sur maquette parce qu'elles ont été entreprises par de nombreux pays. Nous pensons qu'il y avait pour nous un rôle plus intéressant à jouer en étudiant les méthodes théoriques de calcul des réflexions mutuelles qui permettent seules, presque toujours, de savoir comment on peut classer les variables et comment les phénomènes varient en fonction de ces variables. Je dois dire que sur ce point nous nous étions un peu surestimés parce que je viens de me rendre compte, au cours d'un voyage récent à Berlin que, même sans base théorique générale, on peut tout de même éliminer certaines variables en éclairage naturel.

Nous nous sommes donc limités aux études théoriques et pratiques. En fait, je dis pratiques parce que les formules théoriques générales sont trop compliquées, alors qu'à partir de ces méthodes générales, nous avons abordé plusieurs stades de simplification : le premier, le moins compliqué bien qu'ayant exigé le plus de calcul, c'est essayer d'exploiter les calculs sous forme de tableaux, puis dans un effort très poussé nous avons adopté une méthode plus simple que nous avons présentée au Congrès International de l'Éclairage en 1948. Cette formule est beaucoup trop simple, et finalement nous sommes revenus récemment à une méthode plus simple que la première, beaucoup moins simple que la seconde, qui permet de tenir compte des différents facteurs avec suffisamment de précision.

Cette méthode a été présentée à l'Association anglaise des Éclairagistes; elle fait partie d'un ensemble de communications que M. HOPKINSON, M. PLEIJEL et moi-même avons faites à cette Association. Nous devions en discuter cette fois. Je voudrais signaler, étant donné le faible intérêt qu'on rencontre dans tous les pays comme malheureusement dans le nôtre, pour l'Éclairage Naturel, que nous pensons organiser, en collaboration internationale assez complète, des recherches, et dès maintenant nous y avons réussi avec les chercheurs anglais grâce à l'aide de leurs laboratoires. Cette collaboration internationale va nous permettre d'obvier au manque de moyens que nous avons dans ce domaine.

Je ne vais pas donner davantage de détails sur les résultats numériques, ce serait extrêmement difficile de les présenter ici.

Je suis prêt à répondre à toutes les questions aussi bien en ce qui concerne nos recherches qu'en ce qui concerne les recherches anglaises, suédoises et allemandes. Je dois dire qu'une recherche allemande, dont il a été question tout à l'heure, est extrêmement intéressante, c'est celle du professeur BÜNING qui vient d'aboutir. Elle n'a pas été présentée ici puisqu'elle n'est pas encore publiée. Il y a là près de 10 000 résultats et j'ai été stupéfait moi-même de voir la quantité de renseignements qui apportent aux résultats anglais et aux résultats suédois des compléments intéressants et qui forment un ensemble expérimental très important.

DISCUSSION

M. ESCHER-DESRIVIÈRES. — M. LE PRÉSIDENT, j'ai été très intéressé par tout ce qui a été dit. Mais je voudrais savoir si le petit photomètre anglais est un appareil construit pour un usage particulier ou bien si on peut se le procurer en France, car cela m'intéresserait beaucoup de pouvoir m'en servir.

M. CADIERGUES. — C'est ce que j'appellerai un appareil pour architecte. Les rapporteurs pour l'éclairage industriel, la règle pour l'éclairage scolaire et cet appareil pour les mesures sont des appareils pour architecte.

M. ESCHER-DESRIVIÈRES. — Je voudrais me permettre maintenant de poser une autre question.

En ce qui concerne les réalisations architecturales dans le domaine qui intéresse les verriers et les usagers, vous n'ignorez pas que le verre à vitre ou à glace n'est pas le seul produit utilisé car, en particulier pour les établissements industriels, sans chercher les produits spéciaux assez coûteux ou qui sont peu employés en France, il y a ce qu'on appelle le verre coulé, qui est aussi un verre diffusant, d'un très grand emploi dans tous les pays du monde. Il existe aussi, employés dans de nombreuses régions en France et aux États-Unis et même un peu partout, les briques et pains de verre, se comportant grossièrement comme des milieux diffusants. Je pense que du point de vue théorique il est difficile de tirer des conclusions de la répartition probable de la lumière du jour dans un local industriel de grandes dimensions, qui prend jour au moyen de ces matériaux, mais je pense que l'étude sur maquettes pourrait être intéressante et qu'il serait possible, sinon avec des pièces moulées, tout au moins avec des verres coulés ou des produits diffusants d'usage architectural, d'entreprendre des recherches extrêmement intéressantes et qui, en tout cas, nous rendraient service, car on commence en France à nous poser des questions sur l'intérêt de l'emploi de ces produits du point de vue de l'éclairage. C'était ma deuxième question.

Troisième question : j'ai pris un intérêt tout particulier à l'exposé de M. PLEIJEL, notre collègue suédois, et je constate avec intérêt qu'en Suède les éclairagistes s'intéressent aussi à l'aspect thermique du problème que pose l'éclairage. Le bilan total énergétique chaleur-lumière me semble particulièrement digne de retenir notre attention, non seulement pour la Suède où, évidemment, la question thermique se pose avec une acuité particulière, mais aussi chez nous, et je me fais un plaisir de vous signaler que cet aspect du problème ne nous a pas échappé et que nous nous sommes efforcés, depuis quelque temps, de faire des recherches concernant l'influence des radiations solaires sur les pertes de chaleur par vitrage, et j'espère que j'aurai le plaisir dans un certain temps d'en discuter avec vous.

M. CADIERGUES. — Pour répondre à votre deuxième question en ce qui concerne l'utilisation des verres, effectivement toutes les études se sont limitées à des verres normaux transparents, certaines études toutefois ont été faites aux États-Unis..., avec mesures de luminance et mesures d'éclairage. Ce sont des études à caractère empirique faites sur des salles de classe, et les salles de classe se reproduisent à un nombre d'exemplaires suffisamment grand pour qu'elles aient leur importance. Il serait intéressant d'étendre les résultats à d'autres types de verre.

M. TONNE. — Dans mon petit laboratoire de Stuttgart, j'ai souvent fait des recherches sur la lumière du jour et la chaleur solaire, et je fais toujours ces recherches avec des maquettes parce que dans les usines on a souvent des verres diffus et il n'est pas possible avec des méthodes ordinaires de faire des recherches qui correspondent aux conditions naturelles.

En hiver, l'ensoleillement est favorable, mais en été il faut résorber, par une installation de climatisation, l'excédent d'énergie solaire qui pénètre dans les bâtiments. Une des difficultés que l'on rencontre dans l'étude de conditions thermiques, c'est qu'il y a à tenir compte de deux éléments : d'une part l'influence du soleil sur la température de la pièce, et d'autre part l'influence directe du soleil pénétrant à travers les vitres et frappant directement les occupants.

M. BÜNING présente quelques vues qui serviront d'exemples au travail qu'il a fait mais qu'il n'a pu exposer et qui sont choisies parmi une collection très importante. Son rapport, en cours de publication en Allemagne, sortira dans quelques mois.

LE PRÉSIDENT. — Quelqu'un d'autre de nos visiteurs étrangers veut-il faire une brève intervention ? M. DOURGNON, vous n'avez pas d'autre morale à tirer de cette matinée intéressante ?

Personnellement je suis vivement frappé du rattachement de ces problèmes d'éclairage aux problèmes thermiques et aux problèmes divers.

M. ESCHER-DESRIVIÈRES. — Il n'y a pas simplement à faire un bilan total mais un bilan de régularité. Autrement dit, nous devons réaliser un programme de température d'hiver à peu près constant. Le problème se pose du point de vue thermique avec la même acuité que du point de vue de l'éclairage.

M. CADIERGUES. — Avec plus d'acuité parce que nos limites de tolérance sont plus faibles. Si vous confiez le soin de vous soigner à un spécialiste qui néglige complètement l'ensemble de votre comportement, c'est quelquefois fâcheux. Je crois que pour le bâtiment c'est la même chose : il faut savoir faire une synthèse et c'est le rôle de l'architecte. Il faudrait qu'il soit suffisamment instruit de tous les problèmes. Je ne crois pas qu'en France ce soit la règle générale, et c'est regrettable.

M. PLEIJEL. — En Suède je crois qu'il n'est pas possible d'utiliser la chaleur du soleil en hiver, mais je crois qu'aux environs des équinoxes il est possible de l'utiliser, soit par les fenêtres, soit pas un accumulateur spécial pour économiser le combustible. En été, même en Suède, la chaleur est trop forte avec le soleil qui entre par les fenêtres, mais nous allons aussi faire des expériences avec des jalousies, des papiers entre les deux vitres pour éviter les grandes chaleurs du soleil.

M. CADIERGUES. — Il est certain qu'en France aussi bien qu'en Allemagne, il n'est pas possible, pour le chauffage des bâtiments, d'utiliser la chaleur du soleil avec une simple orientation sud; c'est même presque impossible, et partout il faut des installations spéciales. Sous certaines latitudes, à partir de 44° on peut récupérer l'énergie solaire pour faire des installations de chauffage, mais jamais par l'orientation sud seule car il faut obligatoirement des installations d'accumulation.

M. DOURGNON. — Dans le midi de la France, quand il y a du soleil on peut se passer de chauffage en plein hiver...

M. CADIERGUES. — Ce n'est pas utilisable seul pendant tout l'hiver, il faut un chauffage d'appoint.

Il est intéressant de noter que le problème d'été se pose en Suède. Ce problème est analogue en demi-saison pour les pays représentés, peut-être moins en Angleterre qu'en France, mais il joue un rôle important.

M. ESCHER-DESRIVIÈRES. — Dans la région parisienne il fait désagréable du 11 octobre au 15 avril, alors qu'il ne fait jamais très froid, mettons du 15 octobre au 1^{er} décembre, et si vous voulez, du 15 février au 15 avril. Franchement, pendant cette période le chauffage d'appoint artificiel peut être réduit considérablement, mais il en faut quand même un. Dans nos régions, dans le cours de la demi-saison on ne peut pas se passer d'un chauffage d'appoint artificiel. Je dis simplement qu'il peut être réduit et que les bases qu'on prend d'habitude en négligeant l'effet solaire nous exposent à surestimer beaucoup les dépenses de chauffage. Mais enfin, ce n'est plus de l'éclairage.

LE PRÉSIDENT. — C'est du rayonnement.

M. CADIERGUES. — Réduire le problème de l'éclairage naturel (problème des fenêtres) à un simple problème d'éclairage est une erreur. Il y a non seulement le problème thermique, mais aussi le problème psychologique; tous deux sont importants et on ne peut les négliger.

UN AUDITEUR ANGLAIS. — Il y a aussi des problèmes de ventilation.

M. CADIERGUES. — On parle maintenant de ventilation. On élargit de plus en plus le débat... C'est tout à fait juste.

L'AUDITEUR ANGLAIS. — Le problème de la ventilation se pose en Angleterre comme partout et il se pose pour les fenêtres comme partout aussi. Il n'est donc pas négligeable non plus.

M. CADIERGUES. — C'est pour cela d'ailleurs qu'on a construit des fenêtres aussi mal; pour bien les construire il faudrait faire appel à des spécialistes universels qui n'existent pas.

LE PRÉSIDENT. — Je voudrais vous signaler qu'à partir de cet après-midi s'ouvre à Royaumont une Réunion Internationale des Spécialistes de l'Éclairage Naturel, et je pense qu'au cours de ces réunions il sera permis d'aboutir à des conclusions pratiques, au moins pour l'organisation du travail. D'après ce que j'ai pu recueillir, il est incontestable qu'il y a dans ce domaine un esprit nouveau dans tous les pays. Je suis convaincu que l'effort pratique sera considérable et qu'un effort aussi bien de propagande et d'enseignement devra être prochainement entrepris afin de faire pénétrer le problème de l'éclairage dans l'enseignement de l'architecture, sinon ce n'est pas la peine d'avoir un enseignement de l'architecture.

En vous remerciant, je lève la séance.

(*Reproduction interdite.*)

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BÂTIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

Sixième Année.

N° 69

SEPTEMBRE 1953

DOCUMENTATION
TECHNIQUE

LXVII

RÉUNIE EN MAI-JUIN 1953

SERVICE DE DOCUMENTATION

L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics peut en général fournir la reproduction *in extenso* des documents figurant à l'index analytique de documentation : sur microfilms négatifs de 35 mm qui peuvent être lus en utilisant soit un agrandisseur photographique courant, soit un lecteur de microfilms ou sur papiers positifs pour lecture directe.

Les demandes de documents doivent comporter le numéro d'ordre placé en tête de l'analyse, le titre du document et le nom de l'auteur.

*Pour tous renseignements, s'adresser à l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics,
19, rue La Pérouse, Paris-XVI^e.*

Prix des reproductions photographiques :

Microfilms : la bande de 5 images (port en sus).....	100 F
Positifs sur papier : la page (port en sus) :	
Format 9 × 12.....	70 F
13 × 18	90 F
Format 18 × 24	110 F
21 × 27	150 F
Minimum de perception	250 F

Ces prix sont susceptibles de variation.

I. — INDEX ANALYTIQUE DE DOCUMENTATION

Les références de chaque article sont données dans l'ordre suivant : Numéro d'ordre, titre de l'article, nom de l'auteur, nom de la revue, date, numéro du fascicule, nombre de pages, nombre de planches.

B. — ARCHITECTURE ET URBANISME

1-67 La construction des habitations à l'étranger (Angleterre, Suisse, Autriche). III. IV (Der Wohnungsbau im Ausland). LORENZ (A.); Österr. Bauzg. Autr. (11 avr. 1953), n° 15, p. 1-2, 7-8; (2 mai 1953), n° 18, p. 5. E. 24891, CDU 711 : 728. 25213.

2-67. Unité d'habitation Le Corbusier à Marseille. Archit. Auj., Fr. (fév.-mars 1953), n° 46, p. 12-21, 47 fig. E. 25071. CDU 728.2 711.

3-67. Contribution française à l'évolu-

tion de l'architecture. Archit. Auj., Fr. (fév.-mars 1953), n° 46, p. 24-103, nombr. fig. — Grands ensembles : Brest, Royan, Nantes, etc. Chantiers de la région parisienne : Saint-Germain-en-Laye : Shapeville; Meudon; Montrouge; Villeneuve-Saint-Georges, etc. Habitations individuelles dans la métropole. L'habitat hors de la métropole : au Maroc, à Alger, à Constantine, à Brazzaville, immeuble d'habitation pour Air France; à Chandigarh, ville radieuse des Indes, Le Corbusier. E. 25071. CDU 728 : 711.

4-67. Les journées d'études du logement; Paris 18, 19 et 20 mai 1953 Monit. Trav. publ. Bâtim., Fr. (23 mai 1953), n° 21 p. 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 10 fig., 2 réf. bibl. E. 25396. CDU 711 (061.3).

5-67. Villes au bord de l'eau (Städte am Wasser). LEMBKE (C.); Ed. : Rembrandt, Berlin, All. (1952), 1 vol. II + 238 p., 307 fig., réf. bibl. — Voir analyse détaillée B-892 au chap. III « Bibliographie », E. 25411. CDU 711.4 : 627.1 (02).

Conformément aux recommandations faites par le Conseil International de Documentation du Bâtiment (C. I. D. B.), les analyses présentées dans la Documentation Technique comportent leur indexation suivant les notations de la Classification Décimale Universelle (CDU). Les analyses sont publiées dans la Documentation Technique dans l'ordre des rubriques de la classification, du système CORDONNIER, mis au point il y a quelques années pour le rangement du fichier de documentation de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics.

C. — SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

■ 6-67. Manuel de l'ingénieur civil (Manuale dell'ingegnere civile). PANTALEO (M.); Ed. : Perrella, Rome, Ital. (1952), 1 vol., lv + 1573 p., 2171 fig. — Voir analyse détaillée B-899 au chap. III « Bibliographie ». E. 23686. CDU 69 : 5 (02).

Ca RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

7-67. Position de la ligne neutre dans des sections rectangulaires sollicitées à la flexion double (Lage der Nulllinie in auf Doppelbiegung beanspruchten Rechteckquerschnitten). BENKERT (K. H.); *Bauplan-Bautech.*, All. (mars 1953), n° 3, p. 133-134, 6 fig., 1 réf. bibl. E. 24940. CDU 539.3 : 518.5.

8-67. Trois positions pour servir de nouvelles bases à la théorie de l'élasticité et de la résistance. I. II. (fin) (Drei Sätze als neue Grundlagen der Elastizitäts- und Festigkeitslehre). BRANDENBERGER (H.); *Tech. Rundschau*, Suisse (20 fév. 1953), n° 8, p. 1-2, 5 fig.; (6 mars 1953), n° 10, p. 17-20, 14 fig., 14 réf. bibl. E. 24972, 24973. CDU 539.3.

Cac n Procédés de calcul.

9-67. La méthode de Hardy Cross et ses simplifications (Systèmes rectilignes, brisés et courbes à moments d'inertie constants ou variables. Poutres Vierendeel). ZAYTSEFF (S.); Ed. : Dunod, Paris (1953), 2^e édit., 224 p., 176 fig., 16 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B-870 au chap. III « Bibliographie ». E. 24653. CDU 690.2 : 518.5 (02).

■ 10-67. Le calcul statique (Die statische Berechnung). MAXER (M.); E. : Bauwelt, Berlin, All. (1953), vol. 1, 247 p., 526 fig., 5 fig. h. t. — Voir analyse détaillée B-891 au chap. III « Bibliographie ». E. 24747. CDU 518.5 : 690.2 (02).

■ 11-67. Statique pratique de la construction (Praktische Baustatistik) SCHREYER; Ed. : B. C. Teubner, Leipzig, All. (1953), t. 3, 1 vol., vi + 202 p., 291 fig. — Voir analyse détaillée B-893 au chap. III « Bibliographie ». E. 25281. CDU 539.37 : 518.5 (02).

■ 12-67. Ordonnances des lignes fléchies pour les poutres à appuis libres et les poutres continues (Durchbiegungs-Ordinaten für einfeld- und durchlaufende Träger). ANGER (G.), TRAMM (K.); Ed. : Werner, Düsseldorf, All. (1953), 1 vol., 193 p., 231 fig., réf. bibl. — Voir analyse détaillée B-889 au chap. III « Bibliographie ». E. 25437. CDU 690.237.22 : 518.5 (02).

13-67. Calcul des barres comprimées. BACHET (N.); *Travaux*, Fr. (mai 1953), n° 223, p. 267-272, 4 fig. — On cherche à établir l'équation de l'équilibre d'une barre sujette au flambelement en fonction des liaisons aux extrémités avec les autres barres d'une charpente. Méthode avec abaque pour déterminer les coefficients définissant l'action des barres voisines sur la barre considérée. E. 25016. CDU 690.237.22 : 518.5.

14-67. Procédé pour éviter l'itération dans la méthode de Cross (Umgehung der Iteration beim Crosschen Verfahren). RACZAT (G.); *Bauingenieur*, All. (fév. 1952), n° 2, p. 49-52, 13 fig., 5 réf. bibl. E. 23059. CDU 518.5.

Caf ESSAIS ET MESURES

15-67. Machines d'essais (Prüfmaschinen). MINTROP (H.); *V. D. I.*, All. (1er juil. 1952), vol. 94, n° 19 (Numéro spécial « Foire de Hanovre », 1952), p. 604-608, 14 fig., 51 réf. bibl. E. 25119. CDU 620.105 : 691.

16-67. Technique et utilisation des jauges de contraintes. V. VI. (fin) (ZELBSTEIN (U.); *Bull. tech. Bur. Veritas*, Fr. (fév. 1953), n° 2, p. 29-37, 20 fig.; (avr. 1953), n° 4, p. 67-72, 16 fig. — E. 24087, 24930. CDU 620.17 : 681.208.

Ce MÉCANIQUE DES FLUIDES

■ 17-67. Précis de mécanique des fluides. SEDILLE (M.); Ed. : Dunod, Paris (1953), nouv. tirage, 1 vol., viii + 136 p., 102 fig., 32 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B-871 au chap. III « Bibliographie ». E. 25444. CDU 532 (02).

18-67. Une théorie de l'eau (A theory of water). FORSLIND (E.); *Svenska Forskningsinst. Cement Betong Kungl. Tek. Högskolan Stockholm*, Suède (1952), Handl. n° 16, 39 p., 19 fig. — Conditions d'équilibre de la liaison oxygène-hydrogène. Liquides associés et non associés. Conception de l'ordre cristallin dans l'eau liquide. Liaison hydrogène. Aspects mécaniques du problème de l'eau; molécule d'eau; association moléculaire et liaison hydrogène. Structure de la glace et de l'eau. Équilibre thermique dans l'eau. Bibliographie. E. 22535. CDU 532 : 551.5.

Ci GÉOPHYSIQUE

Cib Géologie. Minéralogie.

19-67. Pouzzolanes. Méthode standard pour la détermination de la réactivité des pouzzolanes (Pozzolanas. A procedure for the reproducible determination of pozzolanic reactivity). ALEXANDER (K. M.); *Austral. J. Appl. Sci.*, Austral. (mars 1953), vol. 4, n° 1, p. 146-157, 8 fig., 9 réf. bibl. E. 25309. CDU 552 : 620.1.

Cib m ÉTUDE DES SOLS.

20-67. Quelques aspects de la recherche sur les matériaux et les constructions aux Etats-Unis. DELARUE (J.), DERVIEUX (F.); *Ann. T. B. T. P.*, Fr. (juil.-août 1953), n° 67-68

(Essais et mesures, XXV), p. 643-656, 11 fig., 25 réf. bibl. — Souci de faciliter des applications pratiques automatiques et systématiques. Emploi des méthodes de Burmister pour les propriétés des sols et de Winterkorn et Terzaghi pour les argiles. Procédés de stabilisation. Nouveaux appareils de contrôle de la portance des sols. Consolidation par électro-osmose et thérm-oosmose. Étude du cisaillement et du phénomène du « pumping ». E. 25041. CDU 624.131 : 624.138.

21-67. Abaque à points alignés pour la formule de Terzaghi donnant les valeurs de la perméabilité d'un terrain en fonction de ses caractéristiques (diamètre efficace des éléments, rugosité, température). E. 25642. CDU 624.131.4 : 539.217 : 518.3.

22-67. Détermination des contraintes dans un massif de sol pulvérulent, engendrées par le forage d'un puits circulaire (De spanningsverdeling rondom verticale in zandige dekkoren geboorde holten in stand gehouden door zware vloeiostof). DE JOSSELIN DE JONG (G.). GEERTSMA (J.); *Ingenieur*, Pays-Bas (27 fév. 1953), n° 9, p. M.1-M.5, 6 fig., 4 réf. bibl. E. 24359. CDU 624.131 : 624.13.

23-67. Le glissement de terrain de Surte sur la rivière Göta, 29 septembre 1950 (The landslide at Surte on the Göta River, September 29, 1950). JAKOBSON (B.), MOHRSEN (E.); *R. Swedish Geotech. Inst. Proc.*, Suède (1952), n° 5, 119 p., 74 fig., 1 fig. h. t., 3 pl. h. t., 5 réf. bibl. — Étude géotechnique. Description du pays et de l'événement; géologie du pays; recherches sur place et en laboratoire; processus du glissement et ses causes. Conclusions. E. 22534. CDU 624.131.4.

24-67. Erosions du lit au pied des piles de pont attaquées obliquement par le courant. I. (Erosioni d'alveo al piede delle pile di ponte investite obliquamente dalla corrente). ROMITA (P. L.); *Energ. elettr.*, Ital. (avr. 1953), vol. 30, n° 4, p. 211-224, 32 fig. E. 25468. CDU 624.131.4 : 624.21.

Cif TOPOGRAPHIE. TRACÉ DES OUVRAGES.

■ 25-67. Topographie. Théorie et pratique. BARBIER (M. E.); Ed. : Tech. Vulgarisation, Paris (1953), 1 vol., iii + 288 p., 187 fig. — Voir analyse détaillée B-882 au chap. III « Bibliographie ». E. 25619. CDU 526.9 (02).

Co CONDITIONS GÉNÉRALES

Cod j RÈGLEMENTS. LÉGISLATION.

■ 26-67. Règlement type pour le bâtiment, 1952 (Model Bouwverordening, 1952). Ed. : Minist. Wederopbouw en Volkshuisvesting, La Haye, Pays-Bas (1953), 1 vol., 290 p., 13 fig. — Voir analyse détaillée B-895 au chap. III « Bibliographie ». E. 24241. CDU 331.14 : 696.1 : 699.81 (02).

D. — LES ARTS DE LA CONSTRUCTION

27-67. Prix de revient théoriques et réels. TOFANI (R.); *Monit. Trav. publ. Bâtim.*, Fr. (9 mai 1953), numéro hors-série « Foire de Paris », p. 135-137, 139-147, 149, 151-156, 7 fig. — Examen de la comparaison des résultats théoriques et réels; analyse des prévisions et des réalisations. E. 25274. CDU 690.031.

Dab MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

28-67. Quelques aspects de la recherche sur les matériaux aux Etats-Unis. II : Liants hydrauliques, produits céramiques, verre, peinture, matériaux divers. BROCARD (J.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (sep. 1953), n° 69 (Essais et mesures, XXVII), p. 791-808, 29 fig. — Recherches américaines sur les constituants des clinkers. Recherches physico-chimiques sur l'utilisation des ciments et bétons. Adjuvants utilisés pour le béton. Emploi d'isotopes radioactifs pour mesures sur les sols et les bétons. Qualités et utilisation des plâtres américains. Utilisation du verre et des produits de terre cuite. Types de nouvelles peintures à base de latex et de résines synthétiques. E. 25714. CDU 691.

Dab j Matériaux métalliques.

29-67. Les défauts de l'acier et leur détection (Steel defects and their detection). THOMPSON (H.); Ed. : Isaac Pitman and Sons, Londres, G.-B. (1952), 1 vol., VIII + 84 p., 82 fig., 35 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B-886 au chap. III « Bibliographie ». E. 25046. CDU 691.7 : 620.1 (02).

30-67. Aciers de construction de haute qualité pour l'industrie (Steel high class structural material for engineering). KOLBRUNNER (C. F.); *Proc. Res. Constr. Steel-Engng.*, Suisse (oct. 1950), n° 14, 25 p., 27 fig. — Avantages de l'acier; constance de ses propriétés et possibilité de soumettre l'acier à des calculs précis. Dangers de la rouille et de l'incendie. Acier inoxydable. Photographies d'applications très diverses de l'acier : ponts, charpentes, éléments de barrages, grues, réservoirs, condenseurs, malaxeurs, machines, etc. E. 25060. CDU 693.97 : 691.71.

31-67. Propagation des ruptures dans les tôles d'acier doux. I. II. (fin) (The propagation of fractures in mild steel plates). MURRAY BOYD (G.); *Engineering*, G.-B. (16 jan. 1953), vol. 175, n° 4538, p. 65-69, 17 fig., 23 réf. bibl.; (23 jan. 1953), n° 4539, p. 100-102, 10 fig., 4 réf. bibl. — Définition de quelques termes couramment employés; description des cassures étudiées; travaux antérieurs sur le sujet. Théorie de la formation d'une zone plate et de chevrons dans les cassures; résultats expérimentaux qui confirment la forme des déchirures prévues par la théorie. Relations : entre la ténacité et la célérité; la ténacité et la résistance. Mesure de la ténacité. E. 25266. Trad. S. T. C. A. N. n° D. 10738, 30 p. CDU 691.71 : 539.424.

32-67. Phénomènes de corrosion d'une construction en fer produits par le sulfate de calcium (Fenomeni di corrosione di una struttura di ferro, prodotti da solfato di calcio). COLLARI (N.); *G. Genio civ.*, Ital. (mars 1953), n° 3, p. 126-130, 9 fig., 7 réf. bibl. E. 25305. CDU 691.7 : 620.19.

33-67. Les nouvelles perspectives d'utilisation de l'aluminium dans le bâtiment. DUMAS (J.); *Bâtim.*, Fr. Numéro spécial « Foire de Paris », Suppl. au n° 19 du 9 mai 1953, p. 9, 7 fig. E. 25271. CDU 691.77.

de Paris », Suppl. au n° 19 du 9 mai 1953, p. 9, 7 fig. E. 25271. CDU 691.77.

Dab le Liants.
Chaux. Plâtre. Ciments.

34-67. Nouvelles normes suisses pour les liants. *J. Constr. Suisse romande*, Suisse (mai 1953), n° 5, p. 280-282, 4 fig. E. 25453. CDU 691.5 : 389.6.

35-67. Types de ciments et leurs emplois spécifiques (Tipos de cementos y sus empleos específicos). CORONAS (J. M.); *Inst. tec. Constr. Cemento*, Esp. (1^{re} Assembl. gén.), n° 122, p. 3-19, 10 fig., 47 réf. bibl. — La rhéologie du béton (Reología del hormigón). PAEZ BALACA (A.); p. 21-32, 13 fig. E. 25295. CDU 691.54 : 691.32.

36-67. Mélanges et contacts entre ciments différents. Note sur les incompatibilités. DURIEZ; *Ann. Ponts Chauss.*, Fr. (mars-avr. 1953), n° 2, p. 149-161. E. 25201. CDU 691.54.

Dab le l s Agglomérés.

37-67. Une fabrique australienne de briques en béton (An Australian concrete brick works). *Concr. Build. concr. Prod.*, G.-B. (mars 1953), vol. 28, n° 3, p. 47-50, 6 fig. E. 25392. CDU 691.32-412 : 725.4.

38-67. Outilage d'essais pour les agglomérés (Prüfmaschinen und Prüferäte für Betonsteinerzeugnisse). SCHACHT; *Betonst-Ztg.*, All. (avr. 1953), n° 4, p. 147-149, 5 fig. (résumés français et anglais). E. 25047. CDU 691.32-412 620.1.

39-67. Rapport préalable sur la Foire Industrielle de Hanovre (Vorschaubericht zur Technischen Messe Hannover). *Betonst-Ztg.*, All. (avr. 1953), n° 4, p. 150-156, 23 fig. — Appareils pour la fabrication des agglomérés, pour le malaxage, le compactage, le meulage du béton, etc. E. 25047. CDU 691.32-412.

40-67. La construction en blocs creux de béton léger (Das Bauen mit Hohlblocksteinen aus Leichtbeton). WINTERNITZ; *Bauwirtschaft*, All. (15 avr. 1953), n° 15-16, p. 369-372, 4 fig., 3 réf. bibl. E. 24920. CDU 691.32-412.

41-67. Maisons en amiante-ciment (Asbestos cement homes). *Constr. Rev.*, Austral. (mars 1953), vol. 25, n° 11, p. 31-33, 4 fig. E. 25253. CDU 691.328.5 : 728.3.

Dab lem Produits céramiques.

42-67. Technologie céramique. Briquetterie, tuilerie, poterie. PINETTE (M.); Ed. : Libr. J.-B. Bailliére et Fils, Paris (1953), 1 vol., 175 p., 74 fig. — Voir analyse détaillée B-879 au chap. III « Bibliographie ». E. 25359. CDU 691.4 : 725.4 (02).

Dab m Bois et matériaux à base de bois.

43-67. Facteurs influençant la déformation plastique du bois d'œuvre et du contreplaqué en compression (Factors influencing the plastic deformation of timber and plywood in compression). HIGGINS (H. G.); *Austral. J. Appl. Sci.*, Austral. (mars 1953), vol. 4, n° 1, p. 84-97, 9 fig., 14 réf. bibl. E. 25309. CDU 691.116.

44-67. Dégâts en profondeur dans les grumes. JOLY (R.); *Rev. Bois*, Fr. (avr. 1953), vol. 8, n° 4, p. 3-7, 11 fig., 1 réf. bibl. — Étude des dégâts causés dans les grumes par divers

insectes; platyphe du chêne, platyphe du sapin, capucin, bostryche du chêne vert, hylécôte, dermeste du chêne. E. 24985. CDU 691.11 : 620.193.86.

45-67. La protection du bois au moyen du néoforme. *Génie civ.*, Fr. (15 mai 1953), t. 130, n° 10, p. 194, 2 réf. bibl. E. 25363. CDU 691.11 : 620.197.

46-67. Le séchage du bois aux températures supérieures à 100° C (Die Holzrocknung bei Temperaturen über 100° C). CZEPEK (E.); *Allg. Wärmetech.*, All. (1953), n° 3, p. 54-59, 5 fig., 5 réf. bibl. E. 25065. CDU 691.11 : 620.197.

47-67. Le retour à l'état initial du contreplaqué après compression à des températures élevées (The recovery of plywood after compression at elevated temperatures). GROSSMAN (P. U. A.); *Austral. J. Appl. Sci.*, Austral. (mars 1953), vol. 4, n° 1, p. 98-106, 5 fig., 9 réf. bibl. — L'allure du retour élastique retardé et la déformation résiduelle sont influencées par la température qui règne pendant ce retour. E. 25309. CDU 691.116.

Dab n Matériaux spéciaux.
Isolants. Réfractaires.

48-67. Isolation contre le bruit et la chaleur dans une ossature en béton (Schall-und Wärmedämmung im Betonskelettbau). EICHLER (F.); *Bauplan-Bautech.*, All. (mars 1953), n° 3, p. 129-132, 8 fig., 10 réf. bibl. E. 24940. CDU 699.844 : 699.86 : 693.55.

Dac PEINTURES.
PIGMENTS. VERNIS.
PRODUITS ANNEXES

49-67. Problèmes actuels de l'évolution de la peinture. GRENET-DELISSLE (C.); *Bâtiment*, Fr. Numéro spécial « Foire de Paris », suppl. au n° 19 du 9 mai 1953, p. 17. E. 25271. CDU 691.57.

50-67. Les couleurs fluorescentes. DERIBERE (M.); *Peint., Pigm., Vernis*, Fr. (mai 1953), vol. 29, n° 5, p. 397-399, 11 réf. bibl. R. 25530. CDU 691.57 : 535.37.

Deb INFRASTRUCTURE
ET MAÇONNERIEDeb ja Consolidation du sol.
Assèchement. Drainage.

51-67. Bibliographie sur la stabilisation des sols (Soil stabilization bibliography). TAUKE (G. J.), O'BRIEN (P. F.), YOUNG (G. B. W.); *Univ. California* (Dept. Engng), U. S. A. (déc. 1947), War Dept. Contr. n° W-44-099, Eng. 438, 196 p. — Cette bibliographie extrêmement complète comporte près de deux mille références à des mémoires, articles, comptes rendus, américains et étrangers. Elles sont classées sous les rubriques suivantes : mécanique des sols, physique et chimie des sols. Stabilisation des sols : mécanique, par le ciment, par les mélanges bitumineux, par les matières délicuescentes, par les silicates, par les matières résineuses, par divers mélanges chimiques, par méthode électrocinétique, par influences thermiques. E. 23504. CDU 624.138 : 624.131.

52-67. Rapport définitif sur les recherches relatives à la consolidation des sols industriels. Résumé de l'exploration de la documentation

sur la stabilisation des sols (Final report engineering soil solidification research. Summary of literature survey of soil stabilization). TAUKE (G. J.), O'BRIEN (P. F.), YOUNG (G. B. W.); Univ. California (Dept. Engng), U. S. A. (fév. 1948), Engng Soil Solidif. Res. Group-Contract W-44-009, Eng-438, VII-120 p., 23 fig., réf. bibl. — Effets biologiques. Stabilisation mécanique par le ciment, par les produits bitumineux, par les matières déliquescents, consolidation chimique par les silicates, par les matières résineuses. Stabilisation électrocinétique. Stabilisation par les méthodes thermiques. E. 23506. CDU 624.138 : 725.4.

53-67. Bibliographie sur la stabilisation du sol par le ciment (Summary of literature survey on soil stabilization with cement). TAUKE (G. J.), O'BRIEN (P. F.), YOUNG (G. B. W.); Univ. California (Dept. Engng), U. S. A. Engng soil Solidif. Res. Group. War Dept. Contract n° W-44-009, Eng. 438, 27 p., 1 fig. — Mécanisme de la stabilisation du sol par le ciment Portland. Caractéristiques physiques et chimiques des mélanges de sol-ciment : dimension du grain, constantes du sol, propriétés physiques, résistance à la compression, importance des facteurs chimiques de surface. Le facteur pH. Effet des matières organiques. Essais de durée, de variations de l'humidité et de la densité. Rapport ciment/vide. Discussion des essais de laboratoire. Travaux sur le terrain. Applications. Pulvérisation. Étendage, compactage. Vérifications sur le chantier : humidité, teneur en ciment, compactage. Conclusions : avantages et limitations du procédé. Considération de la durée nécessaire. Mode d'application. Matériel. Prix et quantités. E. 23500. CDU 624.138 : 691.54.

54-67. Stabilisation des sols par le ciment. Étude particulière de l'effet du traitement après prise sur la résistance à la compression. II. III. (fin) (Cement stabilization of soils with particular reference to the effect of curing conditions on their compressive strength). MENON (T. M.); Indian Concr. J., Inde (15 mars 1953), vol. 27, n° 3, p. 171-176, 14 fig., 3 réf. bibl.; (15 avr. 1953), vol. 27, n° 4, p. 203-205, 10 fig., 8 réf. bibl. E. 25192, 25538. CDU 624.138 : 624.131.49.

55-67. Bibliographie sur la stabilisation des sols par les matières résineuses (Summary of literature survey of soil stabilization with resinous materials). TAUKE (G. J.), O'BRIEN (P. F.), YOUNG (G. B. W.); Univ. California (Dept. Engng), U. S. A. (déc. 1947), Engng soil solidif. Res. Group., War Dept. Contract n° W-44-009, Eng. 438, 31 p., 5 fig. — Mécanisme de la stabilisation résineuse. Recherches dans ce domaine. Étude de diverses matières résineuses et de leurs matériaux plastiques pour le sol : Lignine, stabilisation résineuse, furfural d'aniline, alcool polyvinyle, résines urée-formol, consolidation des sables dans les forages de pétrole. Échange d'ions organiques dans l'argile. Remarques sur les caractéristiques générales des sols stabilisés par les matières résineuses. Effet de la dimension du grain. Résistance à la compression, importance des facteurs chimiques de surface. Le facteur pH. Effet des matières organiques. Essais de durée. Variations de densité. Température et durée de prise. Applications sur le terrain. Conclusions : avantages et limitations de la stabilisation résineuse du sol. E. 23503. CDU 624.138 : 678.7.

56-67. Bibliographie sur la stabilisation du sol par les méthodes thermiques (Summary of literature survey on soil stabilization by thermal methods). TAUKE (G. J.), O'BRIEN (P. F.), YOUNG (G. B. W.); Univ. California (Dept. Engng), U. S. A. (jan. 1948), Engng. Soil Solidif. Res. Group, War Dept. Contract n° W-44-009, Eng. 438, III-98 p., 61 fig. — Mécanisme de l'opération. Méthodes pour effectuer le transfert de chaleur. Calcul préliminaire. Congélation du sol. Séchage « irréversible ». Accélération du traitement après prise des matériaux résineux. Conclusions. Avantages et limitation de la stabilisation thermique. Renseignements thermiques sur le sol. Transfert de chaleur par conduction dans le sol et prédition de la conductibilité thermique du sol. Caractéristiques physiques du sol gelé. E. 23495. CDU 624.138.

minaire. Congélation du sol. Séchage « irréversible ». Accélération du traitement après prise des matériaux résineux. Conclusions. Avantages et limitation de la stabilisation thermique. Renseignements thermiques sur le sol. Transfert de chaleur par conduction dans le sol et prédition de la conductibilité thermique du sol. Caractéristiques physiques du sol gelé. E. 23495. CDU 624.138.

57-67. Essais de laboratoire sur l'efficacité de la stabilisation du sol par cinq résines synthétiques (Some laboratory tests on the soil stabilization effectiveness of five synthetic resins). TAUKE (G. J.), O'BRIEN (P. F.), WEENS (D. B.), YOUNG (G. B. W.); Univ. California (Dept. Engng), U. S. A. (fév. 1948), Engng. Soil Solidif. Res. Group War Dept. Contract n° W-44-009, Eng-438, 35 p., 27 fig. — Opérations au laboratoire : matériaux. Méthodes. Étude des résultats expérimentaux. Influence de l'eau, de l'immersion dans l'eau, de la congélation et du dégel, du traitement au four. Difficultés de moulage. Difficultés dans la prise de la résine. Discussion. Conclusions. E. 23505. CDU 624.138.

58-67. Bibliographie sur la stabilisation électrocinétique des sols (Summary of literature survey of electrokinetic soil stabilization). TAUKE (G. J.), O'BRIEN (P. F.), YOUNG (G. B. W.); Univ. California (Dept. Engng), U. S. A. (déc. 1947), Engng. Soil Solidif. Res. Group. War Dept. Contract n° W-44-009, Eng. 438, 40 p., 9 fig. — Concepts et mécanismes. Déivation et paramètres de l'expression électrocinétique : potentiel électrocinétique, double couche, diaphragme d'écoulement, conductance spécifique, coefficient de viscosité constant diélectrique. Recherche appliquée : recherches dans les divers pays. Applications industrielles. Stabilisation par pieux flottants. Séchage du sol par électro-osmose. Injection chimique électro-osmotique. Contrôle de l'état du sol aux basses températures. Stabilisation des pentes, sables mouvants. Conclusions et recommandations. E. 23502. CDU 624.131 : 437.36.

59-67. Un rideau électrique stabilise un sol humide dans une excavation profonde (Electric curtain stabilizes wet ground for deep excavation). RICHARDSON (H. W.); Constr. Methods, U. S. A. (avr. 1953), vol. 35, n° 4, p. 52-58, 9 fig. — Emploi de l'électro-osmose. E. 25195. CDU 624.131.437.36.

Deb je Terrassements.

60-67. La sécurité dans les travaux de terrassement. Monit. Trav. publ. Bâtim., Fr. (2 mai 1953), n° 18, p. 25, 27, 29, 31, 14 fig. E. 25087. CDU 624.13 : 614.8.

Deb ji Fondations.

61-67. Répartition statique d'une charge excentrée sur un groupe de pieux. II. III. (Static distribution of the eccentric load on a group of piles). ROY (M.); Civ. Engng, G.-B. (avr. 1953), vol. 48, n° 562, p. 345-347, 7 fig.; (mai 1953), n° 563, p. 441-443, 8 fig. E. 24943, 25355. CDU 624.154 : 518.5.

62-67. Vibrations et fondations antivibratiles dans les constructions industrielles. FOURY (G.); Tech. Trav., Fr. (mai-juin 1953), n° 5-6, p. 183-192, 9 fig., 9 réf. bibl. — Phénomène des vibrations. Études théorique des systèmes à un degré de liberté ou à multiples degrés de liberté. Fondations antivibratiles : types de fondations anto-antivibratiles ayant une stabilité propre; types de fondations à isolation antivibratile : énumération de quelques isolants et manière de les utiliser. E. 25196. CDU 624.154 : 699.84.

Deb li Bétons.

63-67. Le contrôle du béton par auscultation. L'HERMITE (R.); Bâtit, Fr. (avr. 1953), n° 30, p. 18-22, nombr. fig. E. 25308. CDU 691.328 : 620.1 : 534.321.9.

64-67. Appareil électronique de contrôle du béton sur le chantier (Electronic concrete tester for site use). Architect, G.-B. (30 avr. 1953), vol. 203, n° 18, p. 523, 1 fig. E. 25085. CDU 691.32 : 620.1.

65-67. Réactions entre agrégats et ciment. II : Action réciproque entre les bases et les agrégats : ciment Portland anglais et agrégats anglais (Reactions between aggregates and cement. II : Alkali-aggregate interaction : British Portland cements and British aggregates). JONES (F. E.); Nation. Build. Stud. (B. R. S.) G.-B. (1952), Res. Paper n° 15, iv + 20 p., 9 fig., 34 réf. bibl. E. 25242. CDU 691.322 : 691.542.

66-67. L'emploi rationnel des agrégats pour béton. LEVY (J. P.); Bâtit, Fr. (avr. 1953), n° 30, p. 11-15, 9 fig. — Définition des agrégats minéraux et des agrégats organiques. Qualités, nature, impuretés, porosité, forme. Méthodes théoriques de contrôle des qualités. Préparation et mise en œuvre. E. 25308. CDU 691.322 : 691.542.

67-67. Liants pour béton en masse (Bindemittel für Massenbeton). WALZ (K.); V. D. I., All. (21 déc. 1952), vol. 94, n° 36, p. 1175-1176, 2 fig., 1 réf. bibl. E. 25143. CDU 691.322 : 691.54.

68-67. Concasseurs pour agrégats (Zerkleinerungsmaschinen für Zuschlagstoffe). RIEDIG; Betonst-Ztg, All. (avr. 1953), n° 4, p. 138-144, 22 fig. (résumés français et anglais). — Revue des divers appareils de construction allemande. E. 25047. CDU 691.322 : 621.873.

69-67. Sur le coefficient de mélange, considéré comme caractéristique pour les agrégats du béton (Über die Verteilzahl als Charakteristik für Betonzuschlagstoffe). BOCK (E.); Allg. Bauztg, Autr. (25 fév. 1953), n° 339, p. 3-5, 6 fig., 1 réf. bibl. — On désigne sous le nom de coefficient de mélange la quantité d'eau, en litres par tonne, suffisante pour le début de l'agglomération du mélange sec. E. 25472. CDU 691.322 : 691.54.

70-67. Rapport décennal sur les études de longue durée relative au comportement du ciment dans le béton (Ten-year report on the long-time study of cement performance in concrete). J. A. C. I., U. S. A. (mars 1953), vol. 24, n° 7, p. 601-614, 6 fig. E. 25231. CDU 691.322 : 691.54.

71-67. Étude expérimentale de la qualité du béton mis en œuvre pour la reconstruction du pont de Villeneuve-Saint-Georges sur la Seine. I. BONNET (M.); Ann. Ponts Chauss., Fr. (mars-avr. 1953), n° 2, p. 185-228, 35 fig., 2 réf. bibl. E. 25201. CDU 691.32 : 620.1 : 624.27.

72-67. Quelques propriétés du béton sous des contraintes combinées continues (Some properties of concrete under sustained combined stresses). MARTIN DUKE (C.), DAVIS (H. E.); Tiré à part de : Amer. Soc. test. Mater., U. S. A. (1944), vol. 44, p. 888-896, 9 fig., 1 réf. bibl. E. 24028. CDU 691.328 : 539.37.

73-67. Étude d'un cas intéressant de décomposition d'un béton de chaux hydraulique en Méditerranée. DURIEZ (M.); Rev. Matér. Constr. Ed. « C », Fr. (avr. 1953), n° 451, p. 105-108, 1 fig. E. 25017. CDU 691.328 : 620.193.

74-67. Les sels de déneigement et leurs influences chimiques et physiques sur le béton (Über Tausalze, ihre chemischen und physikalischen Einflüsse auf Beton). FLISTER (É.); Zement-Kalk-Gips, All. (avr. 1953), n° 4, p. 105-112, 14 réf. bibl. (résumés anglais et français). E. 25073. CDU 620.193 : 691.32 : 699.8.

75-67. Influence du retrait et du fluage du béton sur les contraintes normales dans les sections des constructions mixtes (acier et béton) statiquement déterminées (Einfluss des Beton Schwindens und Kriechens auf die Normalspannungen in den Querschichten statisch bestimmten Verbund-Konstruktionen). BRENDEN (G.); Bauplan. Bautech., All. (avr. 1953), n° 4, p. 149-154, 9 fig., 19 réf. bibl. E. 25067. CUDU 691.328 : 539.37.

76-67. Température de traitement après prise, âge et résistance du béton (Lagringstemperatur, lagringstid och betonghållfasthet). BERGSTROM (S. G.); Betong, Suède (1953), n° 1, p. 1-10, 7 fig., 8 réf. bibl., résumé anglais. E. 25006. CUDU 691.328 : 539.37.

77-67. Cadence de mise sous charge pour les essais de résistance du béton à la compression (Belastningshastighet ved trykkprøving av betong). THAULOW (S.); Betong, Suède (1953), n° 1, p. 11-16, 3 fig., 6 réf. bibl. (résumé anglais). E. 25006. CUDU 691.32 : 620.1.

78-67. Technique moderne de bétonnage dans la construction d'une usine d'avions (Moderne Betoniertechnik beim Bau eines Flusskraftwerkes). KAUFMANN (H.); Bauwirtschaft, All. (15 avr. 1953), n° 15-16, p. 349-351, 6 fig. E. 24920. CUDU 691.32 : 725.4.

79-67. Action de l'eau de mer et des eaux agressives sur les chaux et ciments. Comportement des mortiers et bétons hydrauliques. Cas particulier du béton armé. III. IV. DURIEZ (M.); Travaux, Fr. (mai 1953), n° 223, p. 285-290, 2 fig.; (juin 1953), n° 224, p. 319-328, 6 fig. — Causes et effets. Prévention et remèdes. E. 25016, 25505. CUDU 620.193 : 691.32.

80-67. Produits en béton compacté par chocs pour l'industrie du bâtiment (Fabriksfremstillede bygningsdele af chokbeton). GRAVESEN (L.); Beton Tek., Danm. (mars 1953), n° 1, p. 77-90, 10 fig. (résumé anglais). E. 24895. CUDU 693.556.4.

81-67. La granulométrie des bétons vibrés. Application à la fabrication des claveaux de mines. I. II. MANCHE (H.); Rev. Matér. Constr. Ed. « C », Fr. (avr. 1953), n° 451, p. 114-120, 13 fig., 2 réf. bibl. (mai 1953), n° 452, p. 150-158, 16 fig. E. 25017, 25465. CUDU 693.556.4.

82-67. Recommandations du Comité hollandais « Vibration du béton » pour la mise en place du béton par vibration (Conceptrichtlijnen voor bet trillen van beton door de Commissie « Mechanisch Verdichten van Beton »). Suppl. Cement Beton, Pays-Bas (avr. 1953), n° 3-4, 8 p. h. t., 14 fig., 5 réf. bibl. (résumés français, anglais, allemand). Projet de recommandations contenant vingt-sept articles suivis d'un commentaire. E. 25066. CUDU 693.556.4.

83-67. Contribution à l'étude du béton frais (Application à l'analyse du traitement Vacuum Concrete). I. LEVIANT (I.); Ann. Ponts Chauss., Fr. (mars-avr. 1953), n° 2, p. 163-184, 12 fig., 1 réf. bibl. E. 25201. CUDU 691.32.

84-67. Un béton léger suédois. Archit. Auj., Fr. (fév.-mars 1953), n° 46, p. xxv, 2 fig. — Le Siporex. E. 25071. CUDU 691.32.

85-67. Béton ocreat résistant à l'acide. J. Constr. Suisse romande, Suisse (mai 1953), n° 5, p. 283-284, 4 fig. E. 25453. CUDU 691.32 : 620.193 : 699.8.

Deb m Maçonnerie.

86-67. Constructions en maçonnerie sous l'effet du souffle dû à une explosion (Masory structures under blast). MARTIN DUKE (C.); Univ. California (Dept. Engng), U. S. A. (déc. 1951), n° 51-15, 27 p., 6 fig., 4 réf. bibl. E. 23486. CUDU 699.85 : 614.83 : 693.2.

Deb mo Enduits. Revêtements.

87-67. Les revêtements de sols dans le bâtiment. GERMAIN (J.); Monit. Trav. publ. Bâtim., Fr. (9 mai 1953), numéro hors-série, « Foire de Paris », p. 111, 113, 115-117, 119, 6 fig. — Dallages en ciment magnésien. Revêtements asphalteiques. Granito. Linoléum. Caoutchouc. Résines vinyleiques. Sol industriels. Parquets. Carrelages. Principaux types et marques de revêtements de sols. E. 25274. CUDU 693.6/7.

88-67. Comment choisir un sol industriel. VEILLON (M.); Hommes-Tech., Fr. (mai 1953), n° 101, p. 357-364, 14 fig. E. 25354. CUDU 693.6 : 725.4.

89-67. Le forage thermique des bétons et maçonneries. VACHER (G.); Bâtir, Fr. (avr. 1953), n° 30, p. 6-10, 10 fig. E. 25308. CUDU 621.9 : 691.32 : 693.1.

Deb ne Béton armé.

90-67. Précis pour le calcul du béton armé (conforme aux instructions officielles françaises du 19 juillet 1954). MASSON (H.); Ed. : Eyrolles, Paris (1952), 6^e édit., 1 vol., 151 p., 47 fig., 1 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B-874 au chap. III « Bibliographie ». E. 25184. CUDU 693.55 : 331.14 (02).

91-67. Béton et béton armé en Allemagne et à l'étranger (Beton und Stahlbeton diesseits und jenseits der Grenzen). MISCH (P.); Dtsch. Bauz., All. (1^{er} avr. 1953), n° 4, p. 146-154, 34 fig. E. 24805. CUDU 693.55 : 690.2.

92-67. Dégâts causés par le feu au béton armé (Om Jernbetons forhold under og efter brand). LUNDGAARD (H.), JORGENSEN (M.); Beton Jernbeton, Danm. (avr. 1953), n° 3, 31 p., 23 fig., 26 réf. bibl. (résumé anglais). E. 24874. CUDU 699.81 : 614.84 : 693.55.

Deb ni Béton précontraint.

93-67. Le béton précontraint (Pre-tensioned concrete). BILLIG (K.); E. : MacMILLAN and Co, Londres, G.-B. (1952), 1 vol., x + 470 p., 121 fig. — Voir analyse détaillée B-885 au chap. III « Bibliographie ». E. 24631. CUDU 693.57 (02).

94-67. Étude expérimentale de poutres continues en béton précontraint. I. II. III. GUYON (Y.); Travaux, Fr. (avr. 1953), n° 222, p. 245-254, 31 fig.; (mai 1953), n° 223, p. 273-283, 41 fig.; (juin 1953), n° 224, p. 329-336, 15 fig. — Étude de la fissuration et de la rupture de pièces précontraintes. Description des essais sur quatre poutres continues à deux travées égales de 4 m. Observations au cours des essais et après rupture. Étude élastique. Interprétation des résultats. E. 24637, 25016, 25505. CUDU 690.237.22 : 693.57

95-67. Le procédé de précontrainte « Dywidag ». Application de la construction des ponts en encorbellement : ponts de Worms et de Karlstad. SAILLARD (Y.); Travaux, Fr. (mai 1953), n° 223, p. 297-303, 19 fig. E. 25016. CUDU 624.27 : 693.57.

96-67. La reconstruction du pont Marcellis en béton précontraint, à Gand. SMET (U.); STORER (M.); Tech. Trav., Fr. (mai-juin 1953), n° 5-6, p. 167-174, 12 fig., 1 réf. bibl. — Pont en béton précontraint de 19,25 m de portée. comportant douze poutres droites de 0,96 m de hauteur en double T dissymétrique dont la table supérieure a une largeur de 0,9 m. Précontrainte transversale. Calcul de la répartition transversale des efforts entre les poutres par la méthode de Ch. MASSONNET. Mode d'exécution des travaux. E. 25196. CUDU 624.27 : 693.57.

97-67. Poutres précontraintes avec de grosses barres. Fabrication par le procédé « Shock » (Prestressed beams with large bars. Manu-

facture by the « Shock » process). Concr. Build. Concr. Prod., G.-B. (nov. 1952), vol. 27, n° 11, p. 225-229, 10 fig. E. 22689. CUDU 690.237.22 : 693.57.

98-67. Pont en béton précontraint sur la Nidda sur la route de contour Francfort-Höchst (Spannbetonbrücke über die Nidda in der Umgehungsstrasse Frankfurt a. M.-Höchst). KORITZKY (Ed.); Beton-Stahlbetonbau, All. (avr. 1953), n° 4, p. 73-77, 13 fig., 2 réf. bibl.

— Pont biais (angle : 84°); largeur : 18,25 m, destinée à être portée ultérieurement à 29 m; ouverture centrale : 23,6 m; deux ouvertures latérales de chacune : 13,55 m. E. 24877. CUDU 624.27 : 693.57.

99-67. La construction du nouveau pont des Lombards à Hambourg (Vom Bau der neuen Lombardsbrücke in Hamburg). HAVEMANN (K.); SÜLZ (F.); Beton-Stahlbetonbau, All. (avr. 1953), n° 4, p. 92-97, 13 fig., 3 réf. bibl. — Pont en béton précontraint. Portée : 60,3 m entre les appuis. Les poutres ont 87,4 m. Largeur utile : 26 m (chaussée : 12 m à quatre voies de roulage, deux pistes cyclables de 2,5 m, trottoirs : 3,5 et 5,5 m). Le trafic quotidien atteint cinquante-deux mille véhicules. E. 24877. CUDU 625.74 : 693.57.

100-67. Précontrainte d'un réservoir cylindrique (Vorspannung eines zylindrischen Behälters). Beton-Stahlbetonbau, All. (avr. 1953), n° 4, p. 99-100, 2 fig. — Diamètre intérieur : 16 m. E. 24877. CUDU 621.642 : 693.57.

101-67. Le pont du Rhin à Worms (Die Rheinbrücke bei Worms). Bauwirtschaft, All. (25 avr. 1953), n° 17-18, p. 397-399, 1 fig. — Le pont des Nibelungen sur le Rhin à Worms (Die Nibelungenbrücke in Worms am Rhein). Bautechnik, All. (mai 1953), n° 5, p. 147, 3 fig., 1 réf. bibl. — Pont en béton précontraint construit sans contre ni échafaudage en rivière. Trois ouvertures de 104, 114 et 101 m d'ouverture. E. 25072, 25144. CUDU 624.27 : 693.57.

102-67. Sur la lecture directe des chutes de tension par fluage dans les constructions en béton précontraint (Sulla lettura diretta delle cadute di tensione per fluage in strutture di calcestruzzo precompresso). MORANDI (R.); G. Genio civ., Ital. (mars 1953), n° 3, p. 121, 125, 8 fig., 3 réf. bibl. E. 25305. CUDU 691.328.2 : 539.37.

103-67. Passerelle pour piétons en béton précontraint à Bois le Duc (Voetbrug in voor-gespannen beton te's-Hertogenbosch). VAN DORP (D. J.); Cement Beton, Pays-Bas (avr. 1953), n° 3-4, p. 42-48, 27 fig. (résumé français, anglais, allemand). — Passerelle de 45,9 m de long avec deux appuis intermédiaires. Description de la construction et du transport de poutres en béton précontraint de l'usine au chantier, de la construction du pont. E. 25066. CUDU 625.74 : 693.57.

104-67. Contribution au calcul du fluage des éléments de béton armé précontraint (Beitrag zur Kriechberechnung vorgespannter Stahlbetonbauteile). SCHWARZ (R.); Bauingenieur, All. (mars 1952), n° 3, p. 85-90, 14 fig., 5 réf. bibl. E. 23060. CUDU 691.328.2 : 539.37.

105-67. Détermination expérimentale des déformations dans les tuyaux en béton précontraint, considérée comme une vérification de la théorie (Experimental determination of strains in prestressed concrete pipe as a proof of theory). WOINOWSKY-KRIEGER (S.); POTVIN (R. J. A.); Engng J., Canada (mars 1953), vol. 36, n° 3, p. 230-235, 10 fig., 7 réf. bibl. E. 25029. CUDU 621.643 : 693.57 : 539.37.

106-67. Sur le calcul des sections en béton armé précontraint (Sul calcolo di progetto delle sezioni in c. a. precompresso). MONTUORI (C.); Industr. Ital. Cemento, Ital. (avr. 1953), n° 4, p. 97-99, 2 fig., 1 réf. bibl. E. 25421. CUDU 691.328.2 : 518.5.

107-67. Principes de la précontrainte des dalles et coques. I. II. (Grundsätzliches zum Vorspannen von Flächentragwerken). FRANZ

(G.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (avr. 1953), n° 4, p. 78-83, 17 fig., 20 réf. bibl.; (mai 1953), n° 5, p. 120-123, 15 fig. E. 24877, 25303.

CDU 690.236 : 693.57.

108-67. Réalisation de la précontrainte par rapprochement de deux câbles (Vorspannung durch Spreizen). KAMMULLER (K.); *Bauingenieur*, All. (avr. 1953), n° 4, p. 128-130, 13 fig. E. 24951. CUDU 693.57 : 691.71.

109-67. Béton précontraint (avec câbles d'armature ancrés par liaison) (Strengbeton). IPSEN (J.); *Beton Jernbeton*, Damm. (mars 1953), numéro spécial, p. 185-200, 27 fig. — Les câbles ne sont pas ancrés à leurs extrémités, mais interviennent par adhérence avec le béton environnant. Avantages du procédé : limite de rupture élevée, dimensions réduites, économie de matériel. Différents usages : poutres et poutrelles pour bâtiments et ponts ; pylônes, piles de fondation. Effort de normalisation pour certains éléments. Quelques exemples. E. 24750. CUDU 693.57.

Dec CHARPENTE MENUISERIE. SERRURERIE

Dec j Travail du bois. Charpente. Menuiserie.

110-67. Fiches techniques sur l'usinage des bois collés et contreplaqués et les scies circulaires sans recul. KELLER (R.); POUZEAU (P.); *Lab. Inst. Nation. Bois*, Fr., 12 p., 1 fig. — (Exposition Internationale Bois, Lyon, 23 sept.-6 oct. 1951). Fiche n° 1 : Essais sur aciers à outils et carbures métalliques dans le travail des bois collés et contreplaqués. Inconvénients des outils en carbure. Fiche n° 2 : Généralités sur les scies circulaires à faible nombre de dents. Scies circulaires sans recul : résultats des essais. E. 24312. CUDU 694.11 : 674.04.

111-67. Le bois au service des grands travaux. V. La triangulation française. MOLES (A.); *Bâti*, Fr. (jan. 1953), n° 28, p. 18-21, 8 fig. — Qualités mécaniques du bois. Surabondance de matière des anciennes charpentes par suite du mode d'assemblage par entailles. Méthodes modernes d'assemblages. Connaissances techniques plus étendues nécessaires pour leur application. E. 24191. CUDU 694.1 : 691.11.

Dec 1 Travail des métaux. Charpente. Soudure. Menuiserie.

112-67. Le travail des métaux aux machines-outils. ANDROUIN (M.-J.); Ed. : Libr. J.-B. Bailliére et Fils, Paris (1953), 2^e édit., 1 vol., 460 p., 648 fig., 47 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B-878 au chap. III « Bibliographie ». E. 25360. CUDU 621.79 : 621.9 (02).

113-67. La soudure dans la construction métallique. DUNOYER (A.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (sept. 1953), n° 69 (Constr. métall., XI), p. 775-790, 37 fig., 3 réf. bibl. — Rappel des accidents survenus à des ponts soudés par rupture fragile. Explication des phénomènes par l'existence de contraintes propres associées à un manque de plasticité à la température ambiante. Évaluation des contraintes réelles. Causes d'apparition de ruptures fragiles. Précautions à prendre. E. 25714. CUDU 693.97 : 621.791.

114-67. L'emploi du soudage dans les travaux des ports (The use of welding in port works). HAMMOND (R.); *Dock Harbour Author.*, G.-B. (avr. 1953), vol. 33, n° 390, p. 361-366, 10 fig. E. 24988. CUDU 627.2 : 621.791.

115-67. La soudure au service de l'économie nationale. GOLDSCHMIDT (P.); *Rev. univers. Min., Métallurg.*, *Trav. publ.*, Belg. (mai 1953), t. 9, n° 5, p. 218-263, 94 fig. (Journées de la Soudure : Liège, 30 avril-1^{er}-2 mai 1953). — Appoint de la technique du soudage, de l'oxy-

coupage et des techniques connexes pour l'économie du pays. Inventaire des outils nouveaux. Exemples de réalisations dans les diverses branches de la construction : ponts, charpentes, constructions ferroviaire, navale et aéronautique, armement, chaufferie, construction de machines, petits ouvrages. Avantages obtenus. E. 25400. CUDU 693.97 : 621.791.

116-67. Les derniers progrès en soudure par résistance. BOLAND (A. C.); *Rev. univers. Min., Métallurg., Trav. publ.*, Belg. (mai 1953), t. 9, n° 5, p. 263-268, 6 fig. — (Journées de la Soudure : Liège, 30 avril-1^{er}-2 mai 1953). Généralités sur la soudure par résistance. Progrès des machines à souder par points. Utilisation des machines à accumulation d'énergie électrostatische et d'énergie électromagnétique, de machines à changement de fréquence, d'ignitrons (redresseurs à vapeur de mercure), de machines triphasées à courant continu. E. 25400. CUDU 621.791.7.

117-67. Recherches sur l'influence de l'hydrogène sur la ductilité des soudures à l'arc dans l'acier doux (An investigation of the influence of hydrogen on the ductility of arc welds in mild steel). FLANIGAN (A. E.); Tiré à part de : *Weld. J. Res. Suppl.*, U. S. A. (avr. 1947), 22 p., 29 fig., 50 réf. bibl. E. 23980. CUDU 621.791.7.

118-67. Le vieillissement avec déformation des soudures à l'arc dans l'acier doux (Straining of arc welds in mild steel). FLANIGAN (A. E.), KAUFMAN (M.), EMERY (E. M.); Tiré à part de : *Weld. J. Res. Suppl.*, U. S. A. (mars 1950), 15 p., 29 fig., 19 réf. bibl. E. 23998. CUDU 621.791.7 : 539.37.

119-67. Le problème scientifique des assemblages soudés. CAMPUS (F.); *Rev. univers. Min., Métallurg., Trav. publ.*, Belg. (mai 1953), t. 9, n° 5, p. 213-217, 4 réf. bibl. (Journées de la Soudure : Liège, 30 avril-1^{er}-2 mai 1953). — Tentatives mathématiques d'aborder le problème des déformations et des tensions des assemblages soudés. Exposé de la formule de TAKEO NAKA et de celles établies par l'auteur. État de la question de la soudabilité des aciers et des ruptures fragiles. E. 25400. CUDU 621.791 : 693.97.

120-67. Conception, exécution et contrôle des constructions soudées. LOUIS (H.); *Rev. univers. Min., Métallurg., Trav. publ.*, Belg. (mai 1953), t. 9, n° 5, p. 336-356, 29 fig., 2 réf. bibl. (Journées de la Soudure : Liège, 30 avril-1^{er}-2 mai 1953). — Règles à suivre pour la conception des constructions soudées, soin à apporter au choix de la section des éléments tendus et à leur assemblage avec des éléments transversaux, utilité de l'auscultation d'un modèle pour les ouvrages importants. Examen détaillé des diverses opérations de construction : planage, dressage, traçage, préparation des bords, cintrage et mise en forme, montage provisoire, programme de soudure, exécution des soudures. Contrôle permanent nécessaire. E. 25400. CUDU 621.791 : 620.1.

121-67. Recherches sur les phénomènes d'écoulement plastique mis en jeu dans l'étrage d'enveloppes cylindriques en partant de flans plats circulaires (An investigation of the plastic-flow processes involved in drawing cylindrical shells from flat, circular blanks). ASIMOW (M.); *Univ. California Publ. Engng.*, U. S. A. (30 mai 1936), vol. 3, n° 5, p. 235-293, 29 fig., 7 réf. bibl. E. 23598. CUDU 621.9 : 539.3.

122-67. Notes techniques sur les constructions métalliques. Ed. : Centre Rech. sci. tech. Industr. Fabricat. métall., Bruxelles, Belg. (1952), 77 feuillets, nombr. fig., 1 pl. h. t., réf. bibl. — Voir analyse détaillée B-881 au chap. III « Bibliographie ». E. 25560. CUDU 693.97 : 518.5 (02).

123-67. Nouvelles méthodes d'analyse et de conception des constructions dans la zone plastique. BAKER (J. F.), HORNE (M. R.); *Rev.*

univers. Min., Métallurg., Trav. publ., Belg. (mai 1953), t. 9, n° 5, p. 326-336, 20 fig., 10 réf. bibl. (Journées de la Soudure : Liège, 30 avril-1^{er}-2 mai 1953). E. 25400. CUDU 693.97 : 518.5.

124-67. Notes sur les constructions hydrauliques en acier aux Etats-Unis (Eindrücke aus dem amerikanischen Stahlwasserbau). HARTUNG (F.); *Bauingenieur*, All. (juin 1952), n° 6, p. 201-209, 31 fig. — Pont levant. Barrage à cylindre. Barrage à cylindres et segments. Treuil roulant pour barrage. Barrage à double vanne. Portes d'écluse. Barrage à tambour. Déversoirs. E. 23063. CUDU 693.97.

125-67. Nouvelle norme autrichienne pour les ouvrages soudés en acier. I. II. (fin) (Die neue österreichische Norm für geschweißte Stahltragwerke). SELTENHAMMER (L.); *Allg. Bau-Ztg.*, Autr. (3 déc. 1952), n° 327, p. 3-5; (10 déc. 1952), n° 328, p. 3-5. E. 24910, 24911. CUDU 693.97 : 389.6.

126-67. Problèmes d'actualité des constructions métalliques (Problemi di attualità delle costruzioni metalliche). STUSSI (F.); *Costr. metall.*, Ital. (mars-avr. 1953), n° 2, p. 3-11, 21 fig. E. 25089. CUDU 693.97 : 389.6.

Ded TRAVAUX D'ACHÈVEMENT

Ded j Couverture.

127-67. Couverture en zinc par éléments préfabriqués. Sanit. Couv. Chauff., Fr. (avr. 1953), n° 4, p. 39-41, 8 fig. E. 25291. CUDU 690.241 : 691.75.

Ded l Étanchéité des constructions.

128-67. Étanchéité dans le bâtiment, vue d'ensemble (Abdichtungen, Übersicht). Ditsch. Bauz., All. (1^{er} mai 1953), n° 5, p. 216, 14 fig. E. 25234. CUDU 699.82 : 728.

Ded me Papiers peints.

129-67. La pose du papier peint sur murs humides. Comment s'assurer des supports solides. LUCAS (A.); *Manuel gén. Peint.*, Fr. (mai 1953), n° 71, p. 243-246. E. 25466. CUDU 698.6.

Ded mi Vitrerie.

130-67. Métal et glace concourent à équiper le siège social d'une importante société industrielle. Glaces Verres, Fr. (avr. 1953), n° 125, p. 2-9, 12 fig. E. 25327. CUDU 698.3 : 691.6.

131-67. Le calcul de la résistance, de l'épaisseur et de la dimension des vitrages. Manuel gén. Peint., Fr. (mai 1953), n° 71, p. 258, 260. E. 25466. CUDU 698.3.

Ded PRÉFABRICATION

132-67. La préfabrication en 1953. SIMON (E. H. L.); *Monit. Trav. publ. Bâtim.*, Fr. (9 mai 1953), Numéro hors-série « Foire de Paris », p. 25, 27, 29, 31-33, 35, 37, 39-41, 43, 45, 47-49, 25 fig. — Obstacles auxquels se heurte la préfabrication. Matériaux spéciaux de précision. Planchers préfabriqués en éléments de béton armé, de terre cuite. Eléments préfabriqués et habitations à base d'alliages d'aluminium; maisons en acier. Emploi industriel de la pierre. Système à ossature métallique et éléments préfabriqués. E. 25274. CUDU 693.057.1.

133-67. La préfabrication. Faut-il parler d'échec ou d'évolution ? LEVY (J. P.); *Bâtim.*, Fr. Numéro spécial « Foire de Paris », Suppl. au n° 19 du 9 mai 1953, p. 11, 13, 15, 6 fig. E. 25271. CUDU 693.057.1 : 728.

134-67. Éléments en béton préfabriqué (Faerdigstøtte betonelementer). KIRCHHEINER (C. C.) *Beton Jernbeton*, Danm. (mars 1953), numéro spécial, p. 155-170, 16 fig. — Volées préfabriquées d'escaliers (invention danoise) complètes avec paliers. Garde-corps préfabriqués pour balcons. Éléments préfabriqués de planchers ne nécessitant pas de coffrage. Éléments pour la construction des fermes et des silos à grains. Cas du béton à haute résistance. E. 24750. CUDU 693.5 : 693.057.1.

135-67. Méthodes nouvelles pour construire les maisons et les usines (Nye byggemetoder i bolig-og industribyggeri). MANNICHE (N.-J.); *Beton Jernbeton*, Danm. (mars 1953), numéro spécial, p. 111-142, 56 fig. — Emploi d'éléments préfabriqués. Exemples de préfabrication et de montage. Immeubles entièrement préfabriqués ou semi-préfabriqués. Comparaison faite, en ce qui concerne les immeubles industriels, entre le mode ancien de construction et la méthode moderne. Suppression possible des échafaudages. E. 24750. CUDU 693.057.1 : 690.022.

Dib PLOMBERIE SANITAIRE

136-67. Les installations sanitaires (Impianti sanitari). GALLIZIO (A.); Ed. : Ulrico Hoepli, Milan, Ital. (1952), 3^e édit., 1 vol., XIII + 519 p., 404 fig., 2 pl. h. t. — Voir analyse détaillée B-898 au chap. III « Bibliographie ». E. 24167. CUDU 696.1 : 628.1/5 (02).

137-67. L'eau à la campagne. Robinetterie : I. CHABOT (J.); *Tech. Inform. Chauff. Plomberie*, Fr. (avr. 1953), nouv. sér. n° 7, p. 27, 29, 31-33, 5 fig. E. 25169. CUDU 628.15 : 683.5.

Dic CLIMATISATION

138-67. Guide du chauffage, de la ventilation et du conditionnement d'air, 1953 (Heating, ventilating, air conditioning guide 1953). Ed. : Amer. Soc. Heat. Ventil. Engrs, New-York, U. S. A., vol. 31, 31^e édit., XXIV + 1560 p., nombr. fig., 2 pl. h. t. — Voir analyse détaillée B-883 au chap. III « Bibliographie ». E. 25188. CUDU 697.02.

139-67. La théorie de l'écoulement et son importance pour la technique du chauffage et de la ventilation (Die Strömungslehre und ihre Bedeutung für die Heiz-und Lüftungstechnik). WEBER (A. P.); *Schweiz. Bl. Heiz. Luft.*, Suisse (1953), no 1, p. 10-22, 14 fig., 17 réf. bibl. E. 24808. CUDU 536.6 : 697.

140-67. Nouveau diagramme d'application générale de la combustion (Ein neues, allgemein anwendbares Verbrennungsdiagramm). BOEHM (J.); *Allg. Wärmetech.*, All. (1953), no 3, p. 49-54, 5 fig., 3 réf. bibl. E. 25065. CUDU 536.697 : 518.5.

141-67. Sur le calcul pratique des limites d'inflammabilité des mélanges gazeux. CAS-SAN (H.); *Chal. Industr.*, Fr. (mars 1953), n° 332, p. 77-84, 7 fig., 1 réf. bibl. E. 24790. CUDU 536.662.764.

142-67. Les combustibles et leur combustion. I. II. MARTIN (R.); *Chal. Industr.*, Fr. (avr. 1953), n° 333, p. 87-95, 97-102, 8 fig., 1 réf. bibl.; (mai 1953), n° 334, p. 124-130, 3 fig. — Combustibles; composition de leurs fumées. Rôle particulier des divers éléments fondamentaux qui entrent dans la composition des combustibles. Rôle de l'azote, de l'hydrogène et de l'oxygène, du carbone et du soufre. Combustion neutre des combustibles. Combustion complète avec excès d'air, incomplète avec manque d'air ou avec excès d'air. Description et mode d'emploi du diagramme de combustion. E. 25191, 25515. CUDU 662.6/7 : 536.58.

143-67. Méthode de mesure de la réactivité des cokes. POURBALX (M.), GOTIGNIES (L.).

BERGER (R.); Chal. Industr., Fr. (mars 1953), n° 332, p. 70-76, 9 fig., 16 réf. bibl. E. 24790. CUDU 662.74 : 620.1.

144-67. Une importante réalisation de la Société Générale des Huiles de Pétrole B. P. : La nouvelle raffinerie de Dunkerque. I. à III. (fin). *Chaud-Froid*, Fr. (déc. 1952), n° 72, p. 55; (mars 1953), n° 75, p. 85, 87, 89, 91, 93, 95, 10 fig.; (avr. 1953), n° 76, p. 47, 49, 51, 5 fig. E. 23297, 24605, 24982. CUDU 662.75 : 725.4.

145-67. Les gaz liquéfiables propane et butane. PRUD'HON (G.); *Chauff. Ventil. Condition. Air*, Fr. (avr. 1953), n° 4, p. 26, 29-30, 33-34, 37, 5 fig. — Les gaz de pétrole liquéfiables, leur liste; composition des produits commerciaux. Vaporisation. Toxicité. Bouteilles. Tuyautes. Brûleurs. Essai des installations; leurs applications. Précautions à prendre. E. 25077. CUDU 662.764 : 697.24.

146-67. La transmission thermique dans les matériaux modernes de construction. RASI (A.); *Chal. Industr.*, Fr. (mai 1953), n° 334, p. 117-123, 4 fig., 12 réf. bibl. — Les matériaux légers. Influence de l'incorporation de l'air dans les matériaux de construction. Influence de l'humidité d'incorporation. Considérations sur la légèreté des matériaux et la capacité thermique du bâtiment. Coefficient de conductivité thermique et coefficient de conductivité équivalent. Méthode de la plaque auxiliaire. Force de cohésion de l'eau sur une surface considérée. Résistance spécifique au passage de l'air. Calcul de l'humidité absorbée. E. 25515. CUDU 536.2 : 691.

147-67. Recherche expérimentale sur la transmission de la chaleur air-terre en fonction du temps à travers une surface de contact non perturbée (An experimental investigation of heat and momentum transfer at a smooth air-earth interface). VEHRENCAMP (J. E.); *Univ. California (Dept Engng)*, Los Angeles, U. S. A. (mai 1951), Contract N 6, ONR 275, Task Order VI, NR-082-036, IX + 58 p., 30 fig., 22 réf. bibl. E. 23492. CUDU 536.2 : 551.521 : 697.

148-67. L'emploi des régulateurs électriques de température dans la construction des appareils (Die Verwendung elektrischer Temperaturregler im Apparatebau). WUHRMANN (K.); *Installation*, Suisse (avr. 1953), n° 2, p. 25-39, 19 fig. E. 25074. CUDU 536.5 : 697.243.

149-67. Les causes principales de l'humidité et les moyens pratiques de les reconnaître. Manuel gén. Peint., Fr. (mai 1953), n° 71, p. 232-235, 1 fig. E. 25466. CUDU 697.942.

150-67. La régulation automatique. IV. LIEBAUT (A.); *Flamme-Thermique*, Fr. (avr. 1953), n° 55, p. 11-19, 17 fig. — Régulation à action indirecte. Mesure des pressions, des niveaux et des débits. Régulateurs électriques, hydrauliques ou pneumatiques. Comparaison des différents systèmes. Application de la régulation à des problèmes complexes. Décomposition d'un problème complexe en problèmes simples. Régulation automatique des chaudières à vapeur. E. 25206. CUDU 697.325 : 697.5.

151-67. La peinture d'aluminium employée comme isolant thermique (Aluminiumanstrich als Wärmeisolation). Allg. Bauztg., Autr. (18 fév. 1953); n° 338, p. 7-8, 1 réf. bibl. E. 25471. CUDU 699.86 : 697.13 : 691.57.

Dic 1 Chauffage.

152-67. Évolution des recherches et des techniques en Suisse depuis 1940. KAMM (J.); Ann. I. T. B. T. P., Fr. (juil.-août 1953), n° 67-68 (Equip. tech., XXXVI), p. 732-748, 44 fig. — Utilisation, pour le chauffage, de la pompe thermodynamique, de l'énergie hydroélectrique. Description de matériel, des systèmes de chauffage par rayonnement. Nouvelle méthode de calcul des déperditions thermiques. E. 25041. CUDU 697 (061.3).

153-67. Évolution des recherches et des techniques au Danemark depuis 1940. JACOBSEN (S. P.); Ann. I. T. B. T. P., Fr. (juil.-août 1953), n° 67-68 (Equip. tech., XXXVI), p. 719-731, 18 fig. — Recherches danoises sur les questions de chauffage. Types nouveaux de chaudières. Développement du chauffage urbain et de l'utilisation de la vapeur de contre-pression des turbines pour le chauffage. E. 25041. CUDU 697 (061.3).

154-67. Évolution des recherches et des techniques en Suède depuis 1940. RYDBERG (J.); Ann. I. T. B. T. P., Fr. (juil.-août 1953), n° 67-68 (Equip. tech., XXXVI), p. 708-712, 6 fig. — Description d'une nouvelle chaudière qui, avec une grande vitesse de gaz et un coefficient d'efficacité de 90 %, atteint une transmission spécifique de 30 000 kcal/m²/h. Développement des systèmes de ventilation. Exemples d'études importantes en cours. Mesure de déperdition thermique des murs. E. 25041. CUDU 697 (061.3).

155-67. Évolution des recherches et des techniques en Norvège depuis 1940. WATZINGER (A.); Ann. I. T. B. T. P., Fr. (juil.-août 1953), n° 67-68 (Equip. tech., XXXVI), p. 713-718, 5 fig. — Développement du chauffage électrique. Études de la technique du chauffage, de la conductibilité thermique des matériaux de construction et des isolants. Pertes de chaleur dans les plaques soudées et les divers radiateurs. Recherches statistiques sur les conditions climatiques. Développement technique et industriel des installations de conditionnement d'air. E. 25041. CUDU 697 (061.3).

156-67. Installations mobiles de production de vapeur et de chauffage, auxiliaires indispensables aujourd'hui dans l'économie thermique (Fahrbare Dampferzeugungs-und Heizungsanlagen für alle Zwecke, ein heute dringend notwendiges Hilfsmittel in der Wärmewirtschaft). ZIMMERMANN (W.); Schweiz. Bl. Heiz. Lüft., Suisse (1953), n° 1, p. 22-36, 22 fig. E. 24808. CUDU 697.243.

157-67. Générateurs de chaleur et dispositifs de chauffage pour moyennes et grandes installations (Wärmeentwickler und Feuerungen für mittlere und grosse Heizzentralen). KLEBER (F.); Gesundheitsingenieur, All. (20 avr. 1953), n° 7-8, p. 109-117, 19 fig., 1 réf. bibl. E. 25182. CUDU 697.243 : 697.124.

158-67. Les générateurs à circulation forcée, vapeur et eau surchauffée, avec application à la chaudière « Brola ». BROLA (G.); *Chauff. Ventil. Condition. Air*, Fr. (avr. 1953), n° 4, p. 10-12, 15-16, 19-20, 23-24, 5 fig. — Rappel des précédentes inventions sur le même sujet. Étude du problème du point de vue économique. Recherches sur l'augmentation de la transmission de chaleur. Contrôle de la fatigue du métal en fonction du taux d'échange. Principe de ces générateurs. Principe du fonctionnement. Circuit d'eau et vapeur. Circuit des gaz. Groupe d'alimentation. Combustible et eau. Régulation. Avantages du générateur. E. 25077. CUDU 697.243.

159-67. Étude des appareils brûlant du coke (The design of coke-burning appliances). EATON (F. J.); J. Instn Heat. Ventil. Engrs, G. B. (avr. 1953), vol. 21, n° 212, p. 1-37, 25 fig., 20 réf. bibl. E. 24947. CUDU 697.243 : 662.74.

160-67. Règlement sur les appareils à vapeur. Décret du 2 avril 1926 avec les modifications apportées par les Décrets du 1^{er} août 1928 et du 25 août 1929. I. II. *Chauss. Ventil. Condition.*, Fr. (mars 1953), n° 3, p. 33-36, 39-40; (avr. 1953) n° 4, p. 38-40, 43, 1 fig. E. 24817, 25077. CUDU 697.325 : 331.14.

161-67. Le procès du thermostat d'ambiance. Installation, Suisse (avr. 1953), n° 2, p. 43-45. (Tiré de : « Contrôle Réglage », 1952, n° 3). E. 25074. CUDU 697.243.

162-67. Le chauffage par le sol. LEONARD (C.); Tech. Inform. Chauff. Plomberie, Fr. (avr. 1953),

STRAUB (H. E.), HERSHEY (A. E.), ENDAHL (R. B.); *Heat. Pip. Air condition.*, U. S. A. (avr. 1953), vol. 25, n° 4, p. 121-131, 12 fig., 11 réf. bibl. E. 25190. CUDU 697.974.

190-67. Détermination des dimensions de la soupape d'expansion dans les appareils frigorifiques utilisés dans les installations de conditionnement d'air (Sizing the expansion valve in air conditioning systems). CARTER (F. Y.); *Heat. Ventil.*, U. S. A. (avr. 1953), vol. 50, n° 4, p. 93-96, 5 fig. E. 24905.

CUDU 697.974 : 621.5.

191-67. Calcul de la puissance nécessaire en été pour un conditionnement d'air. I. II. (Calculo de la carga de verano en un acondicionamiento de aire). LAORDEN (J.); *Inform. Constr. (Inst. tec. Constr. Cemento)*, Esp. (mars 1953), n° 49, p. 317.2/1-317.2/8, 7 fig., 1 réf. bibl.; (avr. 1953), n° 50, p. 317.2/1-317.2/8, 8 fig., 1 réf. bibl. E. 25293, 25294. CUDU 697.9 : 518.5.

192-67. L'importance de la distribution d'air dans la ventilation. GOERC (R.); *Installation*, Suisse (avr. 1953), n° 2, p. 29-34, 4 fig. — Nombreux exemples de diffuseurs d'air et de bouches de reprise, avec commentaires correspondants. Inconvénients de la recherche individuelle isolée. La détermination du choix de l'appareil convenable. E. 25074. CUDU 697.9.

193-67. L'écoulement de l'air et la ventilation. Principes du mouvement de l'air dans les conduits. IV. Pertes dans les sections divergentes (Flow and fan. Principles of moving air through ducts. Part. 4. Losses in diverging passages). HAROLD BERRY (C.); *Heat. Ventil.*, U. S. A. (avr. 1953), vol. 50, n° 4, p. 103-110, 14 fig. V. Pertes dans les ajutages convergents (Losses in converging flow) (mai 1953), vol. 50, n° 5, p. 88-94, 11 fig. — Pertes dans les coudes. E. 24905, 25375. CUDU 697.9 : 621.643.

194-67. Application des dispositifs d'épuration de l'air (Application of air-cleaning devices). LAWRENCE (B. G.); *Heat. Ventil. Engr.*, G.-B. (mars 1953), vol. 26, n° 309, p. 386-396, 15 fig., 6 réf. bibl. — Ces dispositifs sont classés en deux groupes : ceux qui purifient l'air destiné à être utilisé dans des appareils de ventilation et ceux qui éliminent les impuretés résultant d'un procédé industriel avant que l'air soit rejeté dans l'atmosphère. Description et fonctionnement des différents types d'appareils classés dans chacun de ces groupes. Nettoyage et entretien des appareils. E. 24652. CUDU 697.9.

195-67. La lutte contre les suies, poussières et gaz toxiques. I. HERODY (C.); *Chaud-Froid*, Fr. (mai 1953), n° 77, p. 111, 115, 117, 119. — La loi Morizet. Étude d'un projet de fumivorité. Capte-suies, dépoussiéreuses statiques. E. 25289. CUDU 697.8 : 699.872.

196-67. Sur l'agglomération des poussières fines dispersées dans l'atmosphère. AVY (A.); RAILLERE (R.); *Chal. Industr.*, Fr. (mars 1953), n° 332, p. 63-69, 15 fig., 1 réf. bibl. — Application au problème de la détermination du rendement d'un filtre. E. 24790. CUDU 699.872.

Did ÉCLAIRAGE

197-67. L'électricité dans la maison (L'elettricità nella casa). MORATI (L.), RAJMONDI (E.); Ed. : Antonio Vallardi, Milan, Ital. (1950), 1 vol., 264 p., 200 fig., 29 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B-897 au chap. III « Bibliographie ». E. 25267. CUDU 696.9 : 696.6 (02).

198-67. Un nouveau type d'éclairage par plafond lumineux (A new type of illuminated ceiling). GRINDROD (J.); *Builder*, G.-B. (3 avr. 1953), vol. 184, n° 5746, p. 531, 1 fig. E. 24753. CUDU 696.93 : 690.254.

Dif PROTECTION CONTRE LES DÉSORDRES ET ACCIDENTS

Dif 1 Protection contre l'incendie.

199-67. Recherches techniques relatives à la lutte contre l'incendie (Technical report engineering fire control research). TAUXE (G. J.), HADLOCK (C. K.), STOKER (R. L.); *Univ. California* (Dept. Engng), U.S.A. (30 juin 1948), Coop. Agreement n° A5Fs-103-72, U. S. Forest Serv., VIII-151 p., 89 fig., — Propriétés physiques de l'eau et des solutions chimiques. Tension superficielle. Viscosité. Concentration d'ions d'hydrogène. Point d'ébullition. Densité. Caractéristiques de la projection de l'eau et des solutions chimiques : matériel (dispersion sous pression, ajoutage). Résultats. Cadence de débit, forme d'épandage. Essais de combustion sur modèles. Combustible et son calibrage. Application et effets des agents d'extinction. Discussion et conclusions. Bibliographie. E. 23496. CUDU 614.843.

Dif n Danger aérien. Explosions.

200-67. Emploi d'éléments préfabriqués en béton armé dans la protection contre les bombardements aériens (Verwendung von Stahlbetonfertigteilen im baulichen Luftschutz). LEUTZ (H.); *Bauwirtschaft*, All. (15 avr. 1953), n° 15-16, p. 355-359, 13 fig. E. 24920. CUDU 693.55 : 699.85.

Dig 1 CANALISATIONS

201-67. La fabrication et l'utilisation des tuyaux en béton armé et non armé. GUERRIN (A.), DANIEL (C.); Ed. : Eyrolles, Paris (1953), 1 vol., 134 p., 83 fig., 33 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B-875 au chap. III « Bibliographie ». E. 25598. CUDU 621.643 : 693.5 (02).

202-67. L'aménagement du gaz de l'Est dans la région parisienne. *Monde souterr.*, Fr. (fév. 1953), n° 75, p. 893-895, 4 fig. (Tiré de « Semaine Gazière », avr. 1952). E. 25533. CUDU 621.643 : 662.75.

203-67. Prédétermination des pertes de charge d'une canalisation d'eau par circulation d'air. I. à IV. (fin). REMENIERAS (G.), BOURGUIGNON (P.); *Génie civ.*, Fr. (15 mars 1953), t. 130, n° 6, p. 108-111, 2 fig., 1 réf. bibl.; (1er avr. 1953), n° 7, p. 131-133, 4 fig.; (15 avr. 1953), n° 8, p. 146-150, 11 fig., 1 réf. bibl.; (1er mai 1953), n° 9, p. 166-169, 7 fig., 1 réf. bibl. E. 24566, 24804, 24931, 25181. CUDU 621.643 : 532.542.

204-67. Pressions d'utilisation des tubes en aluminium et en alliages légers. BESNARD (M.), CALAIS (R.); *Rev. Alumin.*, Fr. (mars 1953), n° 197, p. 124-125, 1 fig. E. 24923. CUDU 621.643 : 691.7 : 518.5.

205-67. Rendement et sécurité dans la pose des canalisations souterraines. DUBOIS-VIOLLETTE (M.); *Chaud-Froid*, Fr. (avr. 1953), n° 76, p. 65, 67, 69, 1 fig. — Méthodes utilisées aux États-Unis pour la pose des canalisations dans les centres urbains. Le pousse-tubes hydraulique; son application en France. E. 24982. CUDU 621.643 : 621.7/8.

206-67. Pertes de charge dans des coudes à 90° de section rectangulaire (Strömungsverluste in 90°-Knicken von rechteckigem Querschnitt). WILLE (R.), HAASE (D.); *Allg. Wärmetech.*, All. (1953), n° 1, p. 1-6, 11 fig., 14 réf. bibl. E. 24829. CUDU 532.542 : 621.643.

207-67. Méthodes et tours de main sur les chantiers pour l'enfoncement au vérin des conduits dans les remblais (Methods and field details for jacking culverts through fills). COLVIN (C. M.); *West. Constr.*, U. S. A. (avr. 1953), vol. 28, n° 4, p. 69-71, 120, 5 fig. E. 25269. CUDU 621.643 : 624.135.

Dig m RÉSERVOIRS SILOS

208-67. L'extension du port de Marseille. Note sur l'aménagement de silos à grains de 20 000 t. *Ossature métall.*, Belg. (mai 1953), n° 5, p. 262-264, 5 fig. E. 25098. CUDU 725.36 : 693.97.

209-67. Silos pour le séchage et l'emmagasinage des grains (Silos for drying and storing grain). *Concr. Build. Concr. Prod.*, G.-B. (avr. 1953), vol. 28, n° 4, p. 78-79, 81, 3 fig., 1 réf. bibl. E. 25393. CUDU 725.36 : 63.

Do ENTREPRISES ORGANISATIONS MAIN-D'ŒUVRE

210-67. Comment réaliser de bons imprimés. Méthode d'utilisation des arts graphiques. Ed. : CEGOS, Paris (1952), 1 vol., 224 p., 57 fig., 3 fig. h. t. — Voir analyse détaillée B-877 au chap. III « Bibliographie ». E. 25620. CUDU 651 (02).

211-67. Succès et échecs de nouvelles techniques (Successes and failures of new techniques). LOBB (H. V.); *J. R. I. B. A.*, G.-B. (avr. 1953), vol. 60, n° 6, p. 233-241, 18 fig. — Construction en acier tubulaire à l'Exposition de Londres; escalier à marches soutenues seulement au milieu, (certaines présentent des traces de rupture), grand châssis vitré soudé; toit de restaurant en aluminium et liège en « sandwich »; passerelle en béton précontraint; charpente acier de quatre étages pour école; panneaux en béton de un étage de hauteur à Miami; panneaux en débris de briques; vitrage en verre de 16 mm pour isolation contre le bruit. E. 25084. CUDU 690.022.

212-67. Confort dans le service et commande pneumatique (des appareils) (Komfort im Betrieb und pneumatische Steuerung). THEILER (F. W.), GEIGER (R. L.); *Installation*, Suisse (avr. 1953), n° 2, p. 40-42, 1 fig. (Tiré de « Instrumentation », vol. 5, n° 6). — Commande pneumatique et autres dispositifs pour assurer un travail plus confortable aux ouvriers. E. 25074. CUDU 331.82 : 621.51.

Dod MATÉRIEL ET OUTILLAGE

213-67. Technique du transport. Appareils élévatrices. Chariots-transporteurs. Transporteurs continus (Fördertechnik. Hebezeuge. Flurförderer. Stetige Förderer). VIERLING (A.); *V. D. I.*, All. (1er juil. 1952), vol. 94, n° 19 (Numéro spécial « Foire de Hanovre », 1952), p. 569-574, 17 fig., 22 réf. bibl. E. 25119. CUDU 621.874.

214-67. Le « Traxcavator », appareil universel pour la construction et les transports (Der « Traxcavator » als Universalgerät für Bau-und Förderzwecke). FRANKE (W.); *Bauingenieur*, All. (avr. 1952), n° 4, p. 115-118, 8 fig., 2 réf. bibl. — Tracteur à chenilles avec benne élévatrice. E. 23061. CUDU 629.1 : 621.874.

215-67. L'électricité au chantier. Particularités et utilisation des divers types de moteurs. *Bâtiment*, Fr. Numéro spécial « Foire de Paris », suppl. au n° 19 du 9 mai 1953, p. 22, 24-25, 27. E. 25271. CUDU 621.313.

216-67. Pompes, ventilateurs, compresseurs centrifuges et axiaux. KOVATS (A. de), DESMUR (G.); Ed. : Dunod, Paris (1953), 1 vol., VIII + 336 p., 150 fig. — Voir analyse détaillée B-872 au chap. III « Bibliographie ». E. 25446. CUDU 629.1/4 (02).

217-67. Le matériel et l'outillage mécanique dans les petits et moyens chantiers. GASC (Y.); *Monit. Trav. publ. Bâtim.*, Fr. (9 mai 1953),

Numéro hors-série « Foire de Paris », p. 67, 69, 71-73, 75, 77, 79-81, 83, 85, 55 fig. — Surface du sol et battage de pieux. Brise-béton, perforatrices. Échafaudages. Crics. Treuils. Appareils : de manutention, de levage, pour la mise en œuvre du béton armé. Compresseurs. Outilage utilisant la détente de l'air comprimé. Petit outillage. E. 25274.

CDU 621.7/9.

218-67. Caractéristiques (sous forme de tableaux des principaux matériaux de chantiers). *Monit. Trav. publ. Bâtim.*, Fr. (9 mai 1953), numéro hors-série « Foire de Paris », p. 157, 159-165, 167-173, 175, 177-181, 183-189, 191-192. — Bétonnières. Mélangeurs. Malaxeurs. E. 25274.

CDU 621.7/9.

219-67. Machines pour le bâtiment (Bau-maschinen). GARBOTZ (G.); *V. D. I.*, All. (1^{er} juil. 1952), vol. 94, n° 19 (Numéro spécial « Foire de Hanovre », 1952), p. 559-568, 27 fig., 68 réf. bibl. — Terrassements, excavatrices. Construction des routes, broyeurs, travail du béton, élévateurs et grues, transport et levage. E. 25119.

CDU 621.7/8 : 728.

220-67. Rapport anticipé sur la Foire industrielle de Hanovre (Vorschaubericht zur technischen Messe Hannover). *Bauwirtschaft*, All. (25 avr. 1953), n° 17-18, p. 413-421, 23 fig. Appareils de terrassement, de manutention. E. 25072.

CDU 621.7/8.

221-67. Nouvelles machines pour l'industrie du bâtiment à la Foire de Milan (Nuovi macchinari per l'industria edilizia alla XXXI Fiera campionaria di Milano). *Corr. Costr.*, Ital. (23 avr. 1953), n° 17, p. 1, 5. E. 25075.

CDU 621.7/8.

222-67. Des appareils de levage en magnésium. LE BIHAN (P.); *Rev. Alumin.*, Fr. (mai 1953), n° 199, p. 205-209, 13 fig. E. 25607.

CDU 621.874 : 691.77.

223-67. Les problèmes généraux du levage et de la manutention. ROUSSE (R.); *Monit. Trav. publ. Bâtim.*, Fr. (9 mai 1953), Numéro hors-série « Foire de Paris », p. 51, 53, 55-57, 59, 61, 13 fig. — Cas considérés : engins de chantiers permanents (usines, dépôts); engins de chantiers volants. E. 25274.

CDU 621.874.

Fac ÉLÉMENTS PORTEURS

Fac j Ossatures.
Piliers. Colonnes.

227-67. Théorie et calcul des piliers comprimés (Applied column theory). SHANLEY (F. R.); [avec discussion par : OSGOOD (W. R.), DU PLESSIS (J. V.), KAROL (J.), POPOV (E. P.), BENJAMIN (J. R.), SAWYER (H. A.), HARTMANN (E. C.), SHANLEY (F. R.)]; *A. S. C. E.*, U. S. A., n° 2410, tiré à part de : « Transactions » (1950), vol. 115, p. 698-750, 24 fig., réf. bibl. E. 24008.

CDU 690.237.52 : 518.5.

228-67. Construction dans l'eau, sans bateaux, de socles pour pylônes de lignes électriques de transmission (Transmission-line piers built under water without cofferdams). GERWICK (B. C., Jr.); *Civ. Engng.*, U. S. A. (avr. 1953), vol. 23, n° 4, p. 33-37, 8 fig. — Emploi d'éléments préfabriqués pour traverser la baie de San Francisco. E. 25205.

CDU 690.237.52 : 621.311.

229-67. Pressions dues à la réflexion et à la diffraction d'une onde de souffle sur un mur isolé encastré à sa base (Air blast pressures on a cantilever wall). FEIGEN (M.); *Univ. California* (Dept Engng), U. S. A. (déc. 1951), n° 51-11, x + 48 p., 29 fig., 11 réf. bibl. — Réflexion d'un choc normal d'une onde de souffle sur un mur perpendiculaire; réflexion et diffraction d'un choc normal sur un mur isolé à deux dimensions; réflexion et diffraction d'une onde de souffle sur l'édifice mur en considérant seulement la phase positive. E. 23491.

CDU 690.22 : 539.37.

230-67. Construction de murs de refend porteurs (Load-bearing Cross-wall construction). ROSNER (R.); *Architect*, G.-B. (21 mai 1953), vol. 203, n° 21, p. 594-599, 23 fig., 5 réf. bibl. E. 25387.

CDU 690.224.

231-67. Étude technique des conduits de fumée. X. XI. (fin). DELL'ORO (J.); *Chaud-Froid*, Fr. (avr. 1953), n° 76, p. 39-41; (mai 1953), n° 77, p. 59, 61, 63, 65, 1 fig. — Considérations sur la température des fumées. La transmission de la chaleur en régime variable. Cas des feux de cheminée. Caractéristiques, comportement et choix des divers matériaux; leur mise en œuvre. Le chemisage intérieur. Élimination des produits provenant de la combustion. Particularités et avantages du

procédé de chemisage. Technique d'application des enduits. Constitution des enduits réfractaires. Caractéristiques du nouveau conduit sans joint. E. 24982, 25289.

CDU 697.81.

232-67. Le système Kallton (Kallton-systemet). RASMUSSEN (H.); *Beton Jernbeton*, Danm. (mars 1953), numéro spécial, p. 143-154, 12 fig. — Le système Kallton est une création danoise récente dans le domaine des ossatures en béton armé; il permet la construction des colonnes sans coffrages, et consiste à préfabriquer certains éléments et à les assembler en y coulant du béton. Le système s'applique aux colonnes, aux poutres et poutrelles, etc. Méthode spéciale de montage. E. 24750.

CDU 693.95 : 690.022.

Fac l Poutres.
Dalles. Planchers.

233-67. La poutre continue (Der durchlaufende Träger). BOLLINGER (O. E.); Éd. : Schweizer Druck- und Verlagshaus, Zurich, Suisse (1947), 1 vol., 247 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B-887 au chap. III « Bibliographie ». E. 25126.

CDU 690.237.22 : 518.5 (02).

234-67. Les poutres en ciment armé sollicitées à la flexion déviée (Le travai in cemento armato sollecitate a flessione deviata). COLORIO (G.); Éd. : Vitali e Chianda, Gênes, Ital. (1953), 1 vol., 93 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B-896 au chap. III « Bibliographie ». E. 25443.

CDU 690.237.22 : 693.55 : 518.5 (02).

235-67. Rupture de poutres fragiles sous des charges dynamiques (Rupture of brittle beams under impulsive loading). ENGLISH (J. M.); *Univ. California* (Dept Engng), U. S. A. (déc. 1951), n° 51-14, ix + 46 p., 22 fig., 12 réf. bibl. — Définition et discussion de la rupture de fragilité. Théorie de Griffith. Théorie statique. Influence de la répartition des contraintes sur la résistance probable à la rupture. Concepts de temps. Onde de propagation dans une poutre. Ondes latérales. Onde de contrainte consécutive à la rupture initiale. Rupture d'une poutre cantilever. Équations générales du moment consécutif à la rupture initiale. Amortissement. Contraintes engendrées dans la poutre. Conditions de rupture. Conclusions. E. 23487.

CDU 690.237.22 : 539.3.

224-67. L'établissement des projets de câbles porteurs ruraux. DRUART (E.); BACONNAIS (G.); *Minist. Agricultr. (Ann., Mém., Notes tech.)*, Fr. (1952), n° 72 (E.), p. 5-42, 16 fig., 2 fig. h. t. E. 25352.

CDU 621.874 : 63.

225-67. Une technique pour la mesure des contraintes dans les ponts roulants. I. II. (fin) (A technique for measuring stresses in overhead travelling cranes). FEALDMAN (H.); *Civ. Engng*, G.-B. (avr. 1953), vol. 48, n° 562, p. 334-335, 4 fig., 2 réf. bibl.; (mai 1953), n° 563, p. 447-450, 19 fig. E. 24943, 25355.

CDU 621.874 : 620.1.

Dof ORGANISATION DES CHANTIERS

226-67. Principes de l'organisation des chantiers dans la construction. II. DRESSEL (G.); O. S. B., Fr. (mars-avr. 1953), n° 2, p. 50-55, 15 fig. — Engins de transport et de manutention. Routes pour les transports. Baraques. E. 25277.

CDU 690.08.

236-67. Réponse des ponts élastiques à une charge dynamique (Response of elastic beams to impulsive loading). THOMSON (W. T.); CHENEY (J. A.); *Univ. California* (Dept Engng), U. S. A. (déc. 1951), n° 51-13, VIII + 71 p., 52 fig., 8 réf. bibl. — Le comportement élastique des poutres. Équations différentielles de la poutre. Solution pour la charge dynamique. Amortissement dans les poutres. Détermination électronique du facteur de charge dynamique. Équations courbes des moments et du cisaillement. Exemples numériques. Effet du cisaillement. Modification par la vérification expérimentale. E. 23488.

CDU 690.237.22 : 539.3.

237-67. Sur les centres de torsion dans les poutres non homogènes (On centres of twist in non homogeneous beams). MORICE (P. B.); *Magaz. Concr. Res.*, G.-B. (oct. 1952), n° 11, p. 63-66, 3 fig., 2 réf. bibl. — Présentation d'une théorie pour la détermination de la position du centre de torsion dans une poutre théorique à armature non symétrique de section transversale étroite et constante. Cette théorie est fondée sur l'effet de raccourcissement des fibres longitudinales, dû à la torsion. Exemple d'application. E. 22959.

CDU 693.55 : 518.5.

238-67. Calcul de la résistance à la rupture de poutres rectangulaires en béton armé avec acier en compression. I. II. (fin) (Ultimate strength design of rectangular R. C. beams with compression steel). COWAN (H. J.); *Civ. Engng*, G.-B. (avr. 1953), vol. 48, n° 562, p. 331-333, 7 fig.; (mai 1953), n° 563, p. 444-446, 1 fig. E. 24943, 25355.

CDU 690.237.22 : 693.55 : 518.5.

239-67. Influence des contraintes de gonflement et de retrait sur la résistance à la flexion de poutres en béton de $10 \times 15 \times 70 \text{ cm}^3$ (Die Beeinflussung der Biegefestigkeit des Betonbalkens $10, 15, 70 \text{ cm}^3$ durch Quell- und Schwindspannungen). KOSACK (W.); *Bauplan.-Bautech.*, All. (mars 1953), n° 3, p. 117-123, 16 fig., 3 réf. bibl. E. 24940.

CDU 690.237.22 : 693.55 : 518.5.

240-67. Équation aux trois moments des poutres continues avec charge transversale (Dreimomentengleichung des kontinuierlichen Druckstabes mit Querbelastung). KOLLBRUNNER (C. F.); HAUETER (O.); *Mitt. Forsch. Konstr. Stahlbau*, Suisse (mars 1953), n° 16, 35 p., 23 fig. — Problèmes des premier et deuxième ordres. Équation des trois moments

et influence des déformations. Moments d'une travée. Mode d'action des effets des déformations. Exemple numérique. E. 25335.

CDU 690.237.22 : 518.5 (02).

241-67. De la contribution offerte à la résistance des poutres porteuses par une tôle d'acier ondulée dans les deux sens et utilisée comme membrure. II. (fin) [Ueber die mittragende Wirkung einer zweiaxial gewellten Stahlplatte (« Wellstahlplatte »), als Gurt von Trägern]. WEBER (C.); Bauingenieur, All. (mai 1953), n° 5, p. 172-176, 5 fig. E. 25049.

CDU 690.237.22 : 691.71.

242-67. Charpente industrielle en arcs de construction soudée. MEURET (J.); Ossature métall. Belg. (mai 1953), n° 5, p. 284-286, 6 fig. E. 25098. CDU 693.9 : 693.97 : 725.4.

243-67. Étude des portiques dans la construction par le calcul à la rupture (Analysis of building frames by limit design). SCHENKER (L.); Engng J., Canada (mars 1953), vol. 36, n° 3, p. 224-227, 7 fig., 1 réf. bibl. E. 25029. CDU 693.9 : 518.5.

244-67. Méthode de calcul de portiques à plusieurs étages d'après Cross, Zaytzoff et Csonka (Verfahren zur Berechnung von Stockwerkrahmen nach Cross, Zaytzoff und Csonka). HALASZ (R. Von); Bauplan-Bautech., All. (mars 1953), n° 3, p. 111-117, 19 fig., 7 réf. bibl. E. 24940. CDU 693.9 : 518.5.

245-67. La stabilité de l'équilibre élastique dans les portiques plans (La stabilità dell'equilibrio elastico nei telai piani). FRANCIOSI (V.); Ingegnere, Ital. (avr. 1953), n° 4, p. 383-388, 10 fig., 14 réf. bibl. E. 25092.

CDU 693.9 : 518.5.

246-67. Comparaison entre les prix des différents systèmes de plancher. BAILEY-BEARN (A.); Bâtir, Fr. (avr. 1953), n° 30, p. 16-17, 1 fig. E. 25308. CDU 690.25 : 657.47.

247-67. Résistance au feu des planchers en béton armé (Fire resistance of reinforced concrete floors). THOMPSON (J. P.); J. A. C. I., U. S. A. (mars 1953), vol. 24, n° 7, p. 677-680, 2 fig., 1 réf. bibl. E. 25231.

CDU 690.25 : 693.55 : 614.84.

248-67. Essai exceptionnel d'un plancher en éléments préfabriqués de grande portée et de forte charge utile (Aussergewöhnlicher Bruchversuch einer Fertigteildecke mit grösserer Spannweite und Nutzlast). HÜBNER (A.); Bauplan-Bautech., All. (avr. 1953), n° 4, p. 175-178, 8 fig., 2 réf. bibl. E. 25067.

CDU 690.25 : 620.1.

249-67. Critères de choix économique pour les planchers en ciment armé (Criteri di scelta economica per i solai in cemento armato). GAZEL (R.); Ingegnere, Ital. (avr. 1953), n° 4, p. 420-422, 11 fig. E. 25092.

CDU 690.25 : 690.031.

250-67. Essais d'un modèle en acier d'une dalle champignon (Mettingen aan een stalen model van een paddestoevlloer). HAGEMAN (J. G.); Cement Beton, Pays-Bas (avr. 1953), n° 3-4, p. 49-54, 15 fig., 4 réf. bibl. (résumés français, anglais, allemand). — La Commission d'Étude de Constructions a examiné un panneau carré d'une dalle champignon pour charges uniformes et concentrées. Les recherches théoriques étaient basées sur la théorie de A. M. HAAS, qui tenait compte de l'influence du chapiteau sur la distribution des tensions au plancher. Les résultats ont été comparés avec les dernières règles américaines « American Building Code Requirements for Reinforced Concrete » (A. C. I. 381-51) et avec les essais effectués par M. Ros. E. 25066.

CDU 690.25 : 620.015.7.

Fac m Toitures. Voûtes. Dômes. Coupoles. Arcs. Escaliers.

251-67. Escalier monumental de l'Institut de Recherches de la Sidérurgie (I. R. S. I. D.). à

Saint-Germain-en-Laye. Tech. Archit., Fr. (avr. 1953), n° 7-8, p. 92-93, 8 fig. — Description d'un escalier à limon unique hélicoïdal en tôle pliée et soudée avec marches en tôle pliée. E. 25361. CDU 690.26 : 693.97.

252-67. Étude d'un escalier hélicoïdal (Design of a helical staircase). Concr. Constr. Engng, G.-B. (sep. 1951), vol. 46, n° 9, p. 283-286, 4 fig. — (Extrait de : « Étude et construction du Royal Festival Hall, sur la rive Sud de la Tamise » de E. O. Measor, D. H. New, dans « J. Instn civ. Engrs », mai 1951, vol. 36, n° 7, p. 290-295). — Calcul d'un escalier hélicoïdal de rayon r où la charge totale est supposée concentrée en son centre de gravité à une distance R de l'axe de l'hélice. L'hélice se développe sur 240° et on suppose que les deux extrémités de l'hélice reposent librement sur leurs appuis. Méthode de détermination des moments de flexion et de torsion. Valeurs comparatives de ces moments pour le cas où les extrémités sont considérées comme complètement encastées; méthode générale de calcul dans ce dernier cas et pour des charges symétriques. E. 25368. Trad. I. T. 357, 6 p. CDU 690.26.

253-67. Calcul et construction de poutres triangulées disposées suivant les versants pour toitures. I. II. (The design and construction of simple space frames for roofs). McGLOUGH-LIN (S.); Civ. Engng, G.-B. (avr. 1953), vol. 48, n° 562, p. 339-341, 6 fig.; (mai 1953), n° 563, p. 451-454, 8 fig. E. 24943, 25355.

CDU 690.24 : 518.5.

254-67. La forme des toits et les tuiles (Dachform und Dachziegel). SOMMER (W.); Ziegelinindustrie, All. (2 avr. 1953), n° 8, p. 310-314, 13 fig. E. 25052. CDU 690.241.53.

255-67. La toiture-terrasse aux États-Unis. Rev. gén. Étanchéité, Fr. (déc. 1952), n° 4, p. 11, 13, 15, 17, 19-21, 12 fig., 1 réf. bibl. E. 25168. CDU 690.243 : 699.82.

256-67. Voûte mince biaise utilisée dans une toiture d'un type peu commun (Skew shell utilized in unusual roof). CANDELA (F.); J. A. C. I., U. S. A. (mars 1953), vol. 24, n° 7, p. 657-664, 7 fig. E. 25231.

CDU 690.244 : 693.55.

257-67. Procédé d'approximation pour le calcul des voûtes cylindriques à tracé circulaire (Ueber ein Näherungsverfahren zur Berechnung der Kreiszylinderschale). MEHMEL (A.); FUCHSSTEINER (W.); Bauingenieur, All. (avr. 1953), n° 4, p. 116-123, 13 fig., 4 réf. bibl. E. 24951. CDU 690.236 : 518.5.

258-67. Toiture en voûte mince en béton à Stockholm (Skaltak paa Odemplan i Stockholm). MÜLLERSDORF (U.); PEHRS (I.); Betong, Suède (1953), n° 1, p. 17-27, 9 fig. (résumé anglais). E. 25006. CDU 690.244 : 693.55.

259-67. Sur le calcul par itération des constructions à voûtes prismatiques (Sobre el calculo de estructuras plegadas por iteracion). SHEGG (A.); Tecnica, Argent. (sep. 1952), vol. 1, n° 5, p. 239-253, 28 fig., 6 réf. bibl. E. 25165. CDU 690.236 : 518.5.

260-67. Voûtes minces en brique armée (Volte sottili in laterizio armato). PIZZETTI (G.); Atti Rass. tec., Ital. (mars 1953), n° 3, p. 72-79, 12 fig., 3 réf. bibl. E. 25148.

CDU 690.236 : 691.421.

Fac n. Ancrages. Chainages.

261-67. Sur la sécurité contre le déversement des organes de suspension en béton armé pendant la mise en tension préalable (Ueber die Kippsicherheit der Zugurte von Stahlbetonhängewerkern während der Vorspannung). SCHWARZ (R.); Bauingenieur, All. (mai 1952), n° 5, p. 163-167, 10 fig., 3 réf. bibl. E. 23062. CDU 690.2 : 693.55.

Fad ÉLÉMENTS NON PORTEURS

Fad j Cloisons. Plafonds.

262-67. Les cloisons (Tabiques). DE LA JOYA CASTRO (R.); ALBINANA PIFARRE (S.); Ed. : Inst. Tec. Constr. Cemento, Madrid, Esp. (oct. 1951), 1 vol., 188 p., nombr. fig., 6 fig. h.t., 14 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B-900 au chap. III « Bibliographie ». — E. 22875. CDU 690.225 : 691 (02).

263-67. Panneaux de murs préfabriqués pour petites maisons (Precast panel walls for small houses). Engng News-Rec., U. S. A. (23 avr. 1953), vol. 150, n° 17, p. 46-47, 8 fig. E. 25199. CDU 691.41 : 693.057.1.

Feb HABITATIONS

264-67. Bâtiments préfabriqués (Prefabricated buildings). Concr. Build. Concr. Prod., G.-B. (fév. 1953), vol. 28, n° 2, p. 30-31, 5 fig. E. 25391. CDU 728 : 693.057.1.

265-67. Bâtiments préfabriqués système « Arcon » (Angleterre) (« Arcon » system of prefabricated buildings). Engineering, G.-B. (24 avr. 1953), vol. 175, n° 4552, p. 543, 3 fig. E. 25076. CDU 728 : 693.057.1.

Feb j Pièces d'habitation.

266-67. Meubles pour rangement dans le ménage (Household storage units). Univ. Ill. Bull., U. S. A. (jan. 1953), vol. 50, n° 42 : (Small Homes Coun. C5.1), 11 p., 31 fig. E. 24976. CDU 643.4 : 694.6.

Feb 1 Habitations individuelles.

267-67. Maisons individuelles. Tuiles, Briques, Fr. (1953), numéro spécial, 59 p., nombr. fig. — Concours de la « maison terre cuite 1953 » : leçons d'un concours; cinq projets primés; commentaires; projets retenus; concours publics; quelques projets de maisons « type F ». E. 25478. CDU 728.3.

268-67. Maisons expérimentales à Maresfield (Sussex) pour le Ministère de la Guerre (Experimental houses at Maresfield, Sussex, for the War Department). FITZMAURICE (R.); HANDISIDE (C. C.); Architect, G.-B. (23 avr. 1953), vol. 203, n° 17, p. 480-484, 18 fig. E. 25032. CDU 728.3.

269-67. Maisons en béton armé construites en plaques murales préfabriquées de grande surface (Stahlbetonhäuser aus fabrikmäßig hergestellten grossflächigen Wandplatten). LJUDKOWSKI (J. C.); LURIE (L.); Bauplan-Bautech., All. (mars 1953), n° 3, p. 105-108, 3 fig., 4 réf. bibl. (Tiré de : « Bauindustrie », U. R. S. S., 1951, vol. 29, n° 2). E. 24940. CDU 728 : 693.057.1.

270-67. La « Maison-Point » dans la construction européenne (Das Punkthaus im europäischen Wohnungsbau). SEKLER (Ed. F.); Abhdlg. Dokumentationszentrums Tech. Wirtschaft, Autr. (1952), n° 16, 1 vol., II + 119 p., 82 fig., 100 réf. bibl. — Disposition compacte et symétrique des appartements autour d'une cage centrale contenant les escaliers et ascenseurs. Développement de ce principe. Nombreux exemples empruntés à divers pays : Suède, Finlande, Angleterre, Italie, Pologne. E. 24907. CDU 728.3 : 720.1 (02).

271-67. Bâtiments de fermes préfabriqués en Hollande (Precast farm buildings in Holland). VAN DER MEULEN BOSMA (P. F.); Concr. Build. Concr. Prod., G.-B. (fév. 1953), vol. 28, n° 2, p. 25-26, 4 fig., 1 réf. bibl. E. 25391. CDU 728.6 : 693.057.1.

272-67. Le « U 53 » logement « économique et familial » construit par le C. I. L. de Roubaix-Tourcoing. PUCHAUX (R.); C. I. L., Fr. (mai 1953), n° 53, p. 4-6, 4 fig. E. 25584. CDU 728.3.

Feb mo Immeubles de rapport.

273-67. Groupe d'immeubles « Priory Green » à Finsbury, Londres. *Tech. Archit.*, Fr. (avr. 1953), n° 7-8, p. 44-47, 13 fig. E. 25361. CUDU 728.2.

274-67. Groupe d'immeubles à Pimlico, Westminster, près de Londres. *Tech. Archit.*, Fr. (avr. 1953), n° 7-8, p. 48-52, 19 fig. E. 25361. CUDU 728.2.

275-67. Deux groupes d'immeubles économiques à Chicago. *Tech. Archit.*, Fr. (avr. 1953), n° 7-8, p. 56-61, 13 fig. E. 25361. CUDU 728.2.

276-67. L'immeuble « Ortiba » (à Casablanca). *Trav. Nord-Africains*, Algér. (16 avr. 1953), n° 3 103, p. 1, 6, 1 fig. E. 25130. CUDU 728.2.

277-67. Immeubles d'habitation à étages multiples en maçonnerie de briques (Vielgeschossige Wohnbauten in Ziegelmauerwerk). SCHÜTTAUF (R.); *Bauplan-Bautech.*, All. (mars 1953), n° 3, p. 108-109, 2 fig. E. 24940. CUDU 693.2 : 691.421 : 728.2.

278-67. Les buildings Alcoa, Esso et Lever aux États-Unis (Estados Unidos. Edificio Alcoa, Edificio Esso. Casa Lever). *Inform. Constr.* (Inst. tec. Constr. Cemento), Esp. (mars 1953), n° 49. Alcoa : p. 123.8/1-123.8/6, 27 fig. (tiré de : « Archit. Rec. »). — Esso : p. 123.9/1-123.9/4, 10 fig. (tiré de : *Bauen Wohnen*). — Lever : p. 123.10/1-123.10/8, 17 fig. (tiré de : « Bauzeitung », « Archit. Forum ») (4 fig. h. t.). — Emplois de l'aluminium ; façades en verre, etc. E. 25293. CUDU 728.2 : 693.6.

279-67. Immeuble d'habitation à ossature métallique soudée à Paris. PEISSI (P.); *Bâtrir*, Fr. (avr. 1953), n° 30, p. 32-34, 9 fig. E. 25308. CUDU 728.2 : 693.97.

Fec BATIMENTS CULTURELS

280-67. Un nouveau bloc obstétrical résout le problème de la circulation au Massachusetts Memorial Hospital. NOCKA (F.); *Tech. Hospital.*, Fr. (mai 1953), n° 92, p. 75-76, 4 fig. (Tiré de : « Hospital Management », sep. 1951). E. 25557. CUDU 725.51.

281-67. Pavillon de foire à Raleigh (U. S. A.). *Tech. Archit.*, Fr. (avr. 1953), n° 7-8, p. 76-77, 6 fig. — La construction se compose de deux arcs paraboliques croisés en béton armé travaillant à la compression supportés par des poteaux également en béton armé et comportant des câbles tendus en acier portant la toiture. E. 25361. CUDU 727.6 : 693.55.

282-67. Les bassins de la nouvelle piscine à l'air libre de Heidelberg (Die Becken des neuen Freischwimmbecken in Heidelberg). ALBRECHT (J.); *Bauingenieur*, All. (avr. 1953), n° 4, p. 123-128, 13 fig. E. 24951. CUDU 725.74.

283-67. Toiture de la piscine de Trieste (Copertura della piscina natatoria del C. O. N. I. a Trieste). *Costr. metall.*, Ital. (mars-avr. 1953), n° 2, p. 12-13, 4 fig. — La partie inférieure de la piscine est en béton armé et la toiture en charpente métallique. Les cintres ont une ouverture libre de 42,3 m. E. 25089. CUDU 725.74 : 690.24 : 693.97.

284-67. Charpente métallique de la tribune du R. S. C. A. (à Anderlecht, Belgique). *Ossature métall.*, Belg. (mai 1953), n° 5, p. 281-283, 6 fig. E. 25098. CUDU 725.7 : 693.97.

285-67. La sécurité du public dans les salles de spectacles. CASTAN (H.); *Constr. mod.*, Fr. (mai 1953), n° 5, p. 184-186, 1 fig., 2 réf. bibl. E. 25374. CUDU 725.8 : 614.8.

286-67. La Halle de Westphalie à Dortmund (Die Westfalenhalle in Dortmund). WITT (H. P.); *V. D. I.*, All. (21 oct. 1952), vol. 94, n° 30, p. 983-984, 1 fig. — Grande salle elliptique de 117,5 × 97,8 m, hauteur

totale 28 m. Charpente métallique sur poteaux en béton. E. 25137. CUDU 725.8 : 693.97.

287-67. La reconstruction de la Halle de Westphalie à Dortmund. *Ossature métall.*, Belg. (mai 1953), n° 5, p. 265-270, 12 fig., 4 réf. bibl. E. 25098. CUDU 690.24 : 690.236 : 693.97.

288-67. Grandes poutres soudées au cinéma Charles III à Madrid. BATANERO (J.); *Ossature métall.*, Belg. (mai 1953), n° 5, p. 271-276, 9 fig. E. 25098. CUDU 725.823.4 : 690.237.2 : 693.97.

Fed OUVRAGES D'UTILITÉ PUBLIQUE

Fed la Alimentation en eau.

289-67. Distribution d'eau (Wasser-versorgung). DAHLHAUS (C.); Ed. : B. G. Teubner, Leipzig, All. (1953), 20^e édit., 1 vol., VI + 162 p., 127 fig., 16 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B-894 au chap. III « Bibliographie ». — E. 25280. CUDU 628.1 (02).

290-67. Aspects de la distribution d'eau moderne. HERTER (Ch.); *Bull. tech. Suisse romande*, Suisse (16 mai 1953), n° 9-10, p. 159-163, 10 fig. E. 25388. CUDU 628.1.

291-67. Quelques aspects de la prospection et de l'exploitation des eaux. ARCHAMBAULT (J.); Ann. I. T. B. T. P., Fr. (juil.-août 1953), n° 67-68 (Questions générales, XXI), p. 657-672, 17 fig. — Procédés modernes employés pour l'étude et l'exploitation des eaux souterraines. Prospection géophysique et cartes phréatiques. Sondages exécutés au rotary. Carottage électrique (méthode Schlumberger). Système d'exploitation des nappes dit par « Sondages développés ». Captage horizontal par « Puits Ranney ». E. 25041. CUDU 628.11.

292-67. Les méthodes modernes d'épuration des eaux naturelles. DUBRISAY (R.); *Bull. Assoc. Anciens élèves Ecole Nation. sup. Chim.*, Fr. (mai 1953), n° 33, p. 113-121, 10 réf. bibl. (Extrait de « Rev. Gén. Sci. », t. 58, n° 7-8). E. 25480. CUDU 628.16.

Fed m Hygiène publique.

293-67. Travaux de mise en galerie de la Bièvre. Ann. I. T. B. T. P., Fr. (sep. 1953), n° 69 (Trav. publ., XXIV), p. 765-774, 12 fig. — PAOLI : Historique des travaux d'assainissement entrepris pour la Bièvre et ses affluents; consistance du projet actuel. — MEYS : Profil adopté pour la mise en souterrain de la rivière, comportant une cuvette coulée sur coffrages en bois tôle maintenus par des fermettes et une voûte parabolique coulée en béton traité par le vide sur coffrage roulant, par tronçons de 2,5 m; le raccordement des tronçons est fait après coup sur petits coffrages spéciaux. — LEVIANT : Détail d'application du procédé Vacuum Concrete et avantages résultant de ce traitement du béton. E. 25714. CUDU 628.3 : 624.19.

294-67. Substitution de tamis aux bassins de décantation pour le traitement des eaux d'égout (Screens replace settling tanks). MONSON (R. E.); Amer. City, U. S. A. (avr. 1953), vol. 68, n° 4, p. 86-88, 5 fig. E. 25189. CUDU 628.33.

295-67. Abaque relatifs à l'écoulement de l'eau dans les systèmes d'égouts unitaires ou pluviaux et les égouts d'eaux usées en système séparatif. LABRO (L.); *Minist. Agricolt.* (Ann., Mém., Notes tech.), Fr. (1952), n° 72 (H.), p. 3-25, 27, 13 fig. E. 25352. CUDU 628.3 : 532.5 : 518.3.

296-67. Installation de collecteurs d'égouts en terrain sans consistance (Instalacion de colectores cloacales en terreno inconsistente). CUDU 628.3 : 532.5 : 518.3.

Rev. Obras Sanit. Nacion, Argent. (jan. 1953), t. 32, n° 150, p. 37-39, 5 fig. E. 25064. CUDU 628.3 : 624.15.

Fib OUVRAGES INDUSTRIELS ET COMMERCIAUX

Fib ja Mines et carrières.

297-67. Forages en profondeur exécutés au moyen de trous larges forés en partant du niveau de la carrière (Tiefbohrlochsprengungen mittels von der Bruchsohle aus gehörter Grossbohrlöcher). RÖDER (K.); *Zement-Kalk-Gips*, All. (avr. 1953), n° 4, p. 112-115, 6 fig. (résumés anglais et français). E. 25073. CUDU 622.35 : 624.13.

Fid je Industrie.

298-67. Salles de nettoyage et de vestiaire dans l'industrie (Het was en kleedlokaal in de industrie). KOENS (A. J.); *Verwarm. Ventil.*, Pays-Bas (oct. 1952), n° 10, p. 209-218, 16 fig. E. 22688. CUDU 725.4 : 643.52.

299-67. Les constructions soudées de l'aciérie anglaise d'« Abbey Works » (Die Schweisskonstruktionen des englischen Stahlwerkes « Abbey Works »). *Bauingenieur*, All. (mars 1952), n° 3, p. 94-95, 6 fig. (Tiré de : « Trans. Inst. Weld », 1951, n° 14, p. 28, 74). E. 23060. CUDU 725.4 : 621.791.

300-67. Consortium technique et économique de constructions pour une grande industrie (Consuntivo tecnico ed economico di costruzioni ina-casa per una grande industria). *Corr. Costr.*, Ital. (16 avr. 1953), n° 16, p. 10, 4 fig. — Caractéristiques de 78 bâtiments contenant 7 736 pièces, pour le groupe Fiat. E. 25024. CUDU 725.4.

301-67. Contribution au calcul des cheminées en acier (Beitrag zur Berechnung von Stahl-schornsteinen). SAHMEL (P.); *Bauplan-Bautech.*, All. (avr. 1953), n° 4, p. 172-175, 7 fig. E. 25067. CUDU 697.85 : 693.97 : 518.5.

Fib l Dépôts de marchandises. Marchés.

302-67. L'extension du port de Marseille. Note sur le hangar J 4. *Ossature métall.*, Belg. (mai 1953), n° 5, p. 257-261, 10 fig. E. 25098. CUDU 725.3 : 693.97.

303-67. Un hangar-sciérie. MOLES (A.); *Bâtrir*, Fr. (avr. 1953), n° 30, p. 28-29, 4 fig. — Description d'un hangar en bois à double pente comportant une poutre médiane de 24 m de portée reposant sur deux massifs aux extrémités du bâtiment et une seule rangée de poteaux sur un des longs pans. E. 25308. CUDU 725.39 : 694.1.

304-67. Levage d'un hangar en béton armé (Hebung einer Stahlbetonhalle). EPFLER (A.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (avr. 1953), n° 4, p. 83-85, 4 fig. — Dimensions 74,14 × 21,84 m. La hauteur de relevage a été de 1,7 m. Le levage a été effectué en trois sections, la plus longue avait 36,5 m. E. 24877. CUDU 725.39 : 693.55 690.595.

Fib n Production d'énergie. Barrages.

305-67. Les injections de ciment. Leur rôle dans l'étanchéité et la stabilité des barrages. VIÉ (G.); *Rev. Matér. Constr. Ed.* (« C »), Fr. (mai 1953), n° 452, p. 162-164. E. 25465. CUDU 627.8 : 699.82.

306-67. Protection des barrages et des digues par chapes souples en bitume préfabriquées. *J. Constr. Suisse romande*, Suisse (mai 1953), n° 5, p. 286. E. 25453. CUDU 627.8 : 693.625 : 691.161.

307-67. Des injections de mortier de ciment arrêtent des fuites dans un barrage de l'Arizona (Grouting stops Arizona dam leakage). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (20 avr. 1953), vol. 150, n° 18, p. 27, 2 fig. E. 25270.

CDU 627.8 : 690.592.

308-67. La construction du réservoir principal de répartition d'Aue (Der Bau des Hauptverteilungsbehälters Aue). RING (W.); *Bauplan. Bautech.*, All. (avr. 1953), n° 4, p. 163-168, 12 fig. — Cet ouvrage fait partie de l'ensemble du « Barrage de la Paix » à Sosa, dans l'Erzgebirge (Allemagne Orientale). E. 25067.

CDU 627.8.

309-67. Donzère-Mondragon. *Rev. gén. Etanchéité*, Fr. (déc. 1952), n° 4, p. 2-10, 19 fig. — Problème de l'étanchéité. E. 25168.

CDU 627.8.

310-67. Réparation d'un chenal de déversoir dégradé par l'érosion (Repairing eroded spillway channel). COLE (H. A.); *West. Constr.*, U. S. A. (avr. 1953), vol. 28, n° 4, p. 59-62, 7 fig. E. 25269. CDU 627.8 : 690.593.

CDU 627.8.

311-67. Injections de ciment au barrage de Warragamba (Australie) (Cement grouting at Warragamba dam). BAYLEY (L. M.); *Constr. Rev.*, Austral (mars 1953), vol. 25, n° 11, p. 19-25, 8 fig. (Tiré de : « Sydney Water Board J. »). E. 25253.

CDU 627.8.

312-67. Les installations hydroélectriques de la Maggia (Suisse) (Die Maggia-Kraftwerke). HOCH, Tiefbau, Suisse (25 avr. 1953), n° 17, p. 127-140, 18 fig. — Description de l'ensemble. Réservoir d'accumulation. Barrage de 130 m et trois centrales hydroélectriques. E. 25250.

CDU 627.8.

313-67. Les barrages de l'Administration de la Vallée du Tennessee (Die Dammbauten der Tennessee-Tal-Verwaltung). LIKAR (O.); *Bauingenieur*, All. (avr. 1953), n° 4, p. 109-115, 11 fig., 2 réf. bibl. E. 24951. CDU 627.8.

CDU 627.8.

314-67. Bort. Ed. : Houille blanche, Grenoble (1953), n° hors série, 1 vol., 341 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B-880 au chap. III « Bibliographie ». — E. 25504.

CDU 627.8 (02).

315-67. Étude sur le calcul des barrages triangulaires. BONNEAU; *Ann. Ponts Chauss.*, Fr. (mars-avr. 1953), n° 2, p. 125-148, 16 fig. E. 25201.

CDU 627.8 : 518.5.

316-67. Le barrage de Mechra Homadi au Maroc. BOISSONNADE (E.); *Monit. Trav. publ. Bâtim.*, Fr. (9 mai 1953), n° 19, p. 19, 21. — Barrage-poids. E. 25200.

CDU 627.8.

317-67. Le barrage de Pra da Stua (Italie). TORNO (G.); *Tech. Trav.*, Fr. (mai-juin 1953), n° 5-6, p. 175-182, 14 fig. E. 25196. CDU 627.8.

318-67. Le barrage de Bin-el-Ouidane. BOISSONNADE (E.); *Trav. Nord-Africains*, Algér. (23 avr. 1953), n° 3 104, p. 1-2, 3 fig., 2 réf. bibl. — Barrage poids-voute. Longueur au couronnement : 260 m. Hauteur totale : 125 m. épaisseur maximum à la base : 32 m. E. 25131.

CDU 627.8.

319-67. La formation des contraintes au barrage de Shasta (The development of stresses in Shasta dam). RAPHAEL (J. M.); *Proc. A. S. C. E. (Struct. Div.)*, U. S. A. (fév. 1952), vol. 78, Separ. n° 117, 21 p., 12 fig., 10 réf. bibl. E. 19522.

CDU 627.8 : 693.5.

320-67. Des tétraèdres de Génissiat aux tétrapodes de Casablanca (De los tetraedros de Genissiat a los tetrapodos de Casablanca). BIESEL (F.); *Inform. Constr.* (Inst. tec. Constr. Cemento), Esp. (mars 1953), n° 49, p. 538.3/1-538.3/10, 25 fig., 2 réf. bibl. E. 25293.

CDU 627.8 : 693.5.

321-67. Un revêtement de gunite améliore les injections de mortier liquide dans les barrages en terre (Gunite blanket improves foundation grouting for earth dams). HAYS (J. B.); *Civ. Engng.*, U. S. A. (avr. 1953), vol. 23, n° 4, p. 58-59, 3 fig. E. 25205.

CDU 627.8 : 691.41 : 693.625.

322-67. Barrage en terre compactée pour une installation hydraulique maritime (Compacted earth fill dam for maritime hydro project). DANILIAUSKAS (J. V.), COATES (D. F.); *Engng J. Canad.*, Canada (avr. 1953), vol. 36, n° 4, p. 356-361, 6 fig. E. 25302.

CDU 627.8 : 691.41.

323-67. L'usine hydroélectrique d'Owen, sur le Nil Blanc, à la sortie du Lac Victoria. MESTRE (A.); *Génie civ.*, Fr. (1er mai 1953), t. 130, n° 9, p. 173-174, 1 fig. E. 25181.

CDU 627.8 : 621.311.21.

324-67. Caractéristiques principales de la Station hydroélectrique de Pathri (Inde) (Some salient features of the Pathri power station). MATHUR (B. S.); *Indian Concr. J.*, Inde (15 mars 1953), vol. 27, n° 3, p. 151-153, 3 fig. — Chute totale : 9,3 m; débit total : 240 m³ sec. E. 25192.

CDU 627.8 : 621.311.21.

325-67. Étude rationnelle des enceintes semi-spirales (logement des turbines) (Rational design of concrete semi-spiral casings). KRISHNA (H.); *Indian Concr. J.*, Inde (15 avr. 1953), vol. 27, n° 4, p. 180-181, 5 fig. E. 25538.

CDU 627.8 : 621.311.21.

326-67. Vanne automatique à clapet avec centre d'oscillation variable au balancier. Détermination analytique du profil de roulement de la came-support du balancier (Paratoia automatica a ventola con fulcro variabile : Determinazione analitica del profilo di rotolamento). BERARDI (V.); *Costr. metall.*, Ital. (mars-avr. 1953), n° 2, p. 14-16, 6 fig. E. 25089.

CDU 627.8 : 518.5.

327-67. La conduite forcée en puits blindé de la chute de Montpezat. MAUBOUSSIN (G.); *Tech. mod. Constr.*, Fr. (mai 1953), t. 8, n° 5, p. 157-163, 15 fig., 1 réf. bibl. E. 25599.

CDU 627.8 : 628.15.

328-67. Construction d'écluses et de barrages sans dérivation temporaire. Moyens d'assurer une navigation ininterrompue au cours des travaux. PRESS (H.); *Bull. Ass. internat. perman. Concr. Navigat.*, Belg. (jan. 1953), n° 37, p. 71-98, 16 fig., 2 réf. bibl. E. 25246.

CDU 627.8 : 626.41.

329-67. Calcul des conduites d'eau avec cheminées d'équilibre. GHIZZETTI (A.); E. : Gauthier-Villars, Paris (1953), vol. 1, X + 78 p. nombr. fig., 12 fig. h. t., réf. bibl. (Traduit de l'italien par A. POLI). — Voir analyse détaillée B-876 au chap. III « Bibliographie ». — E. 25268.

CDU 627.8 : 621.643 : 518.5 (02).

330-67. La centrale thermoélectrique de Tavazzano (Lombardie) chauffée au gaz naturel. Génie civ. Fr. (15 mai 1953), t. 130, n° 10, p. 190-192, 3 fig., 2 réf. bibl. E. 25363.

CDU 621.4 : 662.764.

331-67. Lignes aériennes à haute tension (Die Hochspannungsfreileitungen). GIRMANN (K.); KÖNIGSHOFER (E.); Ed. : Springer, Vienne, Autr. (1952), 2^e édit., 1 vol., xv + 655 p., 716 fig., nombr. réf. bibl. — Voir analyse détaillée B-890 au chap. III « Bibliographie ». — E. 25336.

CDU 621.311 : 690.237.52 (02).

FIC BATIMENTS PUBLICS

332-67. Centre de radiodiffusion à Hanovre, Tech. Archit., Fr. (avr. 1953), n° 7-8, p. 66-71, 16 fig. E. 25361.

CDU 727.944.

FIC VOIES DE COMMUNICATION

FIC Routes.

333-67. Méthodes récentes de construction et d'entretien des routes et des pistes d'aérodromes. JACOBSON (M.); Tech. mod. Constr., Fr. (avr. 1953), t. 8, n° 4 (numéro spécial :

Routes Aérod.), p. 99-118, 25 fig. — Généralités sur les chaussées et leur constitution. Fondations : reconnaissance du sous-sol, compactage, constitution des fondations. Revêtements ou couches d'usure : pavages, macadam, matériaux agglomérés dans la masse par liants hydrocarboneés ou liants hydrauliques. Sol stabilisés ; stabilisation mécanique ou béton de sol, stabilisation avec liants bitumineux, stabilisation au ciment. Déformation et usure des chaussées. Facteurs du choix d'un type de revêtement. Routes et chaussées spéciales. Pistes d'avions : revêtements plastiques, revêtements rigides. E. 25275.

CDU 625.7/8 : 629.139.1.

334-67. Planification des grandes routes et développement urbain (Highway planning and urban development). Highw. Res. Board, U. S. A. (1952), Bull. 64, publ. 249; H. HOYT : Planification des routes à longue échéance, p. 1-8; E. N. BACON : Nouvelles possibilités de développement des routes comme conséquence des remaniements urbains en cours, p. 9-12. E. 25241.

CDU 625.7 : 720.01.

335-67. Classification des sols français au point de vue routier. PELTIER (R.); Rev. gén. Routes Aérod., Fr. (mai 1953), n° 256, p. 21-30, 7 fig. E. 25357.

CDU 625.731 : 624.131.2.

336-67. Classification des matériaux pour plates-formes et pour chaussées grenaues. STEELE (D. J.); MIDDLEBROOKS (T. A.); Tech. mod. Constr., Fr. (avr. 1953), t. 8, n° 4 (numéro spécial : Routes Aérod.), p. 119-136, 8 fig. — Rapport présenté au XXVe Congrès annuel du « Highway Res. Board » en 1945. E. 25275.

CDU 625.731 : 553.6.

337-67. Stabilisation satisfaisante des fondations de routes par la chaux. Résultats d'expériences au Texas (Satisfactory road base stabilization with lime. Results of Texas experiments). Highw. Bridges Engng Works, G.-B. (29 avr. 1953), vol. 19, n° 981, p. 1, 3. E. 25086.

CDU 625.731 : 691.51.

338-67. La stabilisation des surfaces de routes en gravier et argile par des matériaux résineux (Stabilization of clay gravel road surfaces with resinous materials). BESKOW (G.); RENGMARK (F.); SOVERI (U.); Engng J., Canada (mars 1953), vol. 36, n° 3, p. 220-223, 9 fig. E. 25029.

CDU 625.731 : 624.138.

339-67. Le « Retread » en Vendée. NAULÉAU (P.); Rev. gén. Routes Aérod., Fr. (mai 1953), n° 256, p. 45-49, 15 fig. — Procédé de réfection de chaussées. E. 25357.

CDU 625.75 : 690.593.

340-67. Quelques revêtements superficiels sur imprégner dans le territoire du Togo. CRISTOPHE (L.); Rev. Gén. Routes Aérod., Fr. (mai 1953), n° 256, p. 51-54, 6 fig. E. 25357.

CDU 625.75 : 624.138.

341-67. Documentation technique sur quelques chaussées et aérodromes récents. Tech. mod. Constr., Fr. (avr. 1953), t. 8, n° 4 (numéro spécial : Routes Aérod.), p. 137-145, 17 fig., 1 réf. bibl. — Étude du revêtement en béton des chaussées : recherche de l'influence de la structure du béton sur la formation des cassures faites sur une autoroute allemande. Aérodrome de la Guardia : travaux de stabilisation de tassements de terrains. Aérodrome de Metz-Frescaty : construction d'une piste bétonnée et d'un taxiway. Aérodrome de Phalsbourg-Bourscheid : construction d'une piste bétonnée et de taxiways. Aérodrome d'Istres : allongement de la piste des Grands Raids. E. 25275.

CDU 625.84 : 693.54.

342-67. Les routes en béton. VITTOZ (A.); Bull. tech. Suisse romande, Suisse (16 mai 1953), n° 9-10, p. 179-183, 5 fig., 1 réf. bibl. E. 25388.

CDU 625.84 : 693.54.

343-67. Réparation des joints et des fissures dans les revêtements en béton (Minnesota, E. U.) [Resealing joints and cracks in concrete pavement (Minnesota)]. ROBBERS (J. C.); SWANBERG (J. H.); Highw. Res. Board, U. S. A.

(jan. 1952), Bull. 63, publ. 248, iii + 19 p., 27 fig. E. 25263. CDU 625.84 : 693.54 : 690.593.

344-67. Essais sur des dalles post-contraintes pour grandes routes (Test post-tensioned highway slabs). Engng News-Rec., U. S. A. (23 avr. 1953), vol. 150, n° 17, p. 59-61, 4 fig. E. 25199. CDU 625.84 : 693.57 : 620.1.

345-67. Emploi du béton maigre dans la construction de routes dans des domaines privés (Use of lean concrete in estate road construction). Highw. Bridges Engng Works, G.-B. (22 avr. 1953), vol. 19, n° 980, p. 4, 1 fig. E. 25028. CDU 625.84 : 693.54.

346-67. Nouveau mode de construction économisant l'acier pour trafic routier lourd et très lourd (Neue eisensparende Bauweise für schweren und schwersten Verkehr). MEIER (F.); Bauwirtschaft, All. (15 avr. 1953), n° 15-16, p. 359-362, 5 fig. E. 24920. CDU 625.84 : 693.54.

347-67. Réparation de béton ancien au moyen de matières artificielles (Ueber das Ausbessern von altem Beton unter Verwendung von Kunststoffen). RISSEL (E.); Zement-Kalk-Gips, All. (avr. 1953), n° 4, p. 101-105, 11 fig., 2 réf. bibl. (résumés anglais et français). E. 25073. CDU 693.552.7 : 678.7.

348-67. Unanimité presque complète sur la granulométrie des revêtements bitumineux. Normes britanniques et suédoises (Ueber den Kornaufbau der Schwarzdecken besteht eine weitgehende Uebereinstimmung. Britische und schwedische Normen). NEUMANN (E. E.); Bitum. Teere. Asphalt. Peche ver. Stoffe, All. (avr. 1953), n° 4, p. 89-94, 9 fig., 5 réf. bibl. E. 25050. CDU 625.85 : 691.61.

349-67. L'asphalte naturel allemand, matériau de qualité pour la construction des routes (Der deutsche Natur-Asphalt als bewährter Baustoff für den Strassenbau). TOLLE (Fr.); Strassen-Tiefbau, All. (avr. 1953), n° 4, p. 138-139, 4 fig. E. 25103. CDU 625.85 : 691.161.

350-67. Procès-verbaux de la Conférence pour l'organisation industrielle du trafic routier tenue à Los Angeles les 14, 15, 16 juillet 1948 (Proceedings first California traffic engineering conference). Univ. California (Inst. traffic Engrs), U. S. A., 163 p. — Les sujets traités ont été : trafic et accidents. Problèmes régionaux. Grandes routes et routes secondaires. Opérations de transit. Parcage le long des trottoirs. Vitesse et contrôle de la vitesse. Protection des piétons. Matériel de sécurité des automobiles. Canalisation du trafic. Croisements. Réglementation du trafic urbain. Dérivations. Zones à croissance rapide. E. 23497. CDU 625.746 (061.3).

351-67. L'influence du trafic sur la production de dégâts par le gel (Der Einfluss des Verkehrs auf die Entstehung von Frostschäden). SCHÄIBLE (L.); Strassen-Tiefbau, All. (avr. 1953), n° 4, p. 107-112, 15 fig. E. 25103. CDU 625.746 : 620.192.422.

352-67. Le garage souterrain de Pershing Sq. à Los Angeles (Etats-Unis). YASSIN (I. B.); Tech. Trav., Fr. (mai-juin 1953), n° 5-6, p. 153-159, 13 fig. — Description d'un garage souterrain à trois sous-sols couvrant une surface de 120 m sur 200 m. Dispositions diverses. Mode d'exploitation. Construction de planchers champignons avec chapiteaux carrés établis après essais sur modèle réduit. E. 25196. CDU 725.382 : 690.354.

353-67. Principes relatifs à la technique de la circulation pour des projets de garage (Verkehrstechnische Projektgrundlagen für Park-Garagen). JENNI (M.); Schweiz. Bauztg, Suisse (25 avr. 1953), n° 17, p. 247-250, 10 fig., 5 réf. bibl. E. 25026. CDU 725.382.

354-67. Projet d'un garage sous la Limmat à Zurich (Projekt einer Parkgarage unter der Limmat in Zürich). Schweiz. Bauztg, Suisse (25 avr. 1953), n° 17, p. 251-254, 8 fig. E. 25026. CDU 725.382.

355-67. Garage en béton armé d'une portée libre de 27 m (Garage met 27 m vrije overspanning in gewapend beton te Heerlen). HEMAN (H.); Cement Beton, Pays-Bas (avr. 1953), n° 3-4, p. 33-34, 6 fig. (résumés français, anglais, allemand). — Description de la construction de ce garage situé à Heerlen. E. 25066. CDU 725.382 : 693.55.

en alliage léger monté à Hatfield (Angleterre). E. 25255. CDU 629.139 : 725.39 : 693.97.

Fif OUVRAGES D'ART

Fif j Souterrains.

367-67. Statique des galeries sous pression pourvues d'un revêtement. Influence des déformations permanentes de la roche et du retrait du revêtement (Sulla statica delle gallerie in pressione rivestite. Influenza delle deformazioni permanenti della roccia e del ritiro del rivestimento). CARPINO (U.); Energ. elettr., Ital. (mars 1953), vol. 30, n° 3, p. 149-156, 6 fig., 5 réf. bibl. E. 25467. CDU 628.15 : 627.84 : 693.6.

368-67. Pratique du percement des tunnels. RICHARDSON (H. W.); Mayo (R. S.); Ed. : Dunod, Paris (1953), Trad. de la 4^e édit. amér. par C. Magne, 1 vol., xx + 494 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B-873 au chap. III « Bibliographie ». — E. 25445. CDU 624.19 : 624.13 (02).

369-67. Le tunnel routier du Mont du Chat. LEHANEUR (M.); Monde souterr., Fr. (fév. 1953), n° 75, p. 881-884, 10 fig. (Extrait de « Science, Industr. » numéro hors série. Édit. 1933 « La Route »). E. 25533. CDU 624.19 : 625.731.

370-67. Le tunnel de la Croix-Rousse à Lyon et le problème des aménagements routiers souterrains. OLIVIER (J.); Monde souterr., Fr. (fév. 1953), n° 75, p. 885-891, 15 fig. E. 25533. CDU 624.19 : 625.731.

371-67. Le tunnel routier franco-italien sous le Mont-Blanc et les dangers de l'intoxication massive par l'oxyde de carbone. PLICHET (A.); Monde souterr., Fr. (fév. 1953), n° 75, p. 892-893 (Tiré de : « Presse Médicale » 12 avr. 1952, n° 25). E. 25533. CDU 624.19 : 625.731.

372-67. Passage souterrain de grande route sous les pistes d'envol de l'aéroport international de Los Angeles (Highway subway constructed under runways of Los Angeles international airport). ALDRICH (L.); Civ. Engng, U. S. A. (avr. 1953), vol. 23, n° 4, p. 48-52, 9 fig. E. 25205. CDU 624.19 : 625.731.

373-67. Achèvement du tunnel de Broadway à San Francisco (San Francisco's Broadway tunnel completed). WADSWORTH (R. G.); Civ. Engng, U. S. A. (avr. 1953), vol. 23, n° 4, p. 53-57, 11 fig. — Tunnel à deux galeries parallèles. Coupes et description des travaux. Longueur 493 m. E. 25205. CDU 624.19 : 625.731.

374-67. Plafond d'un tunnel supporté par de longs boulons (Supporting a tunnel roof by long bolts). Engineering, G.-B. (24 avr. 1953), vol. 175, n° 4552, p. 539-540, 1 réf. bibl. — Les accidents dus à la chute de matières du plafond ont été ainsi évités pendant la construction de l'East Delaware Tunnel (U. S. A.). E. 25076. CDU 624.19 : 614.8 : 331.823.

375-67. Revêtements en béton pour tunnels. Installation hydraulique de Vaitarna (Lining tunnels with concrete on the Vaitarna-Cum-Tansa scheme). PATEL (Y. G.); CHOKSHI (C. K.); Indian Concr. J., Inde (15 avr. 1953), vol. 27, n° 4, p. 192-196, 12 fig. E. 25538. CDU 624.19 : 693.6.

Fif l Soutènements.

376-67. Déplacement de la poussée des terres dans l'exécution des murs de soutènement (Erddruckverlagerung bei Spundwandbauwerken). BRISKE (R.); Ed. : Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin, All.; Lange, Maxwell and Springer, Londres, G.-B. (1953), 1 vol., v + 159 + A.22 p., 133 fig., 12 fig. h. t. — Voir analyse détaillée B-888 au chap. III « Bibliographie ». — E. 25282. CDU 624.152 : 624.131 (02).

Fid ji Voies ferrées.

356-67. Consolidation de l'infrastructure d'une voie ferrée le long de la Salzach (Autriche) (Verstärkung einer Sohlenschwelle an der Salzach). HARTMANN (H.); Z. österr. Architekten-Ver., Autr (3 jan. 1953), n° 1-2, p. 11-14, 7 fig. E. 23606. CDU 624.131.4 : 625.141.

357-67. Station terminus supérieure du funiculaire de la crête de Fürggel (3 497 m) (La stazione della funivia del Fürggel). MOLLINO (C.); Atti Rass. tec., Ital. (mars 1953), n° 3, p. 89-90, 2 fig. — Groupe au Cervin. E. 25148. CDU 625.1 : 725.31.

Fid 1 Voies maritimes.

358-67. Le port de Boston (U. S. A.) (The port of Boston, U. S. A.). LUTTMAN-JOHNSON (J. D. M.); Dock Harbour Author., G.-B. (avr. 1953), vol. 33, n° 390, p. 368-371, 5 fig. — Étude du projet pour le quai 1 de Boston Est. E. 24988. CDU 627.2 : 627.3.

359-67. Le port de Bruxelles (Brussel satamaakaupunkina). RAHIKAINEN (V.); Rakennus Insinr., Finlande (mars 1953), n° 3, p. 46-47, 4 fig. E. 24848. CDU 727.217.1.

360-67. Défense des rives du Mississippi et de ses affluents. WELLER (H. E.); Bull. Ass. internat. perman. Congr. Navigat., Belg. (jan. 1953), n° 37, p. 3-21, 7 fig., 1 réf. bibl. E. 25246. CDU 627.1 : 627.4.

361-67. Écoulement à variations progressives dans des canaux uniformes sur de faibles pentes (Gradually varied flow in uniform channels on mild slopes). LEE (M.); BABBITT (H. E.); BAUMANN (E. R.); Univ. Illinois Engng Exper. Stn, U. S. A. (nov. 1952), vol. 50, n° 28, Bull. Ser. no 404, 87 p., 33 fig., 13 réf. bibl. E. 24772. CDU 626.1 : 532.5.

362-67. Le canal du Don à la Volga, I. II. (fin) (The Volga Don canal). Civ. Engng, G.-B. (avr. 1953), vol. 48, n° 562, p. 336-338, 3 fig.; (mai 1953), n° 563, p. 431-433, 1 fig. (Tiré de « Mekhan. T. T. Rabot », U. R. S. S.). E. 24943, 25355. CDU 626.1.

363-67. Des diagonales précontraintes raidissent des portes d'écluses (Prestressed cross-bracing stiffens lock gates). SHERMAN (C. L.); Civ. Engng, U. S. A. (juin 1951), vol. 21, n° 6, p. 49, 2 fig. E. 16471. CDU 626.42 : 690.593.2.

364-67. Bois de construction pour ouvrages de quais. V. REECE (P. O.); Dock Harbour Author., G.-B. (avr. 1953), vol. 33, n° 390, p. 373-377, 17 fig. E. 24988. CDU 627.3 : 694.1.

Fid p Voies aériennes.

365-67. Le hangar métallique pour l'Aéroclub de Cuatro Vientos (Espagne). Tech. Archit., Fr. (avr. 1953), n° 7-8, p. 94-95, 7 fig. — Hangar métallique comportant des arcs elliptiques à section composée par soudure et s'appuyant sur les extrémités de deux poutres constituant les traverses de deux portiques de bas côtés. E. 25361. CDU 629.139.2 : 725.39.

366-67. Le hangar des « Comet ». REINHOLD (J.); Rev. Alumin., Fr. (avr. 1953), n° 198, p. 164-166, 4 fig. — Hangar (66 × 100 m)

Fif m

Ponts.

377-67. Comment les ponts ont accru la mobilité des hommes. STEINMAN (D. B.); *Bull. Ass. internat. perman. Congr. Navigat.*, Belg. (jan. 1953), n° 37, p. 23-38, 9 fig. — Données statistiques sur les principaux ponts du monde. E. 25246. CUDU 624.2/8 : 711.7.

378-67. Études de dalles et de poutres pour ponts-routes. IV : Essais grandeur nature d'éléments de liaison en fers U et de poutres composées en T (Studies of slab and beam highway bridges, Part IV. Full-scale tests of channel shear connectors and composite T-beams). VIEST (I. M.), SIESS (C. P.), APPLETON (J. H.), NEWMARK (N. M.); Ed. : Univ. Illinois Engng Exper. Stn., Urbana, Illinois, U. S. A. (déc. 1952), vol. 50, n° 29, Bull. ser. n° 405, 1 vol., 155 p., 88 fig., 112 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B-884 au chap. III « Bibliographie ». E. 24748.

CUDU 625.74 : 693.97 : 518.5 (02).

379-67. Le pont Corneille, nouveau pont métallique soudé sur la Seine, à Rouen. *Génie civ.*, Fr. (15 mai 1953), t. 130, n° 10, p. 181-186, 15 fig. E. 25363. CUDU 624.27 : 693.97.

380-67. Déplacement d'une travée de 52 m de portée sur un parcours de 38 km. RADOJKOVIC (M.); *Ossature métall.*, Belg. (mai 1953), n° 5, p. 291-297, 19 fig. E. 25098.

CUDU 624.27 : 693.97 : 690.595.

381-67. Le pont de Bever. (Chemin de fer Rhétique) (Brücke Bever). KOLLEBRUNNER (C. F.), HILTEBRAND (H.); *Mitt. Forsch. Konstr. Stahlbau*, Suisse (fév. 1953), n° 15, 27 p., 19 fig. — Exposé général. Difficultés de la construction. Pont biaix de 11 m de portée avec voie en courbe, monté à 1 720 m d'altitude. La mise en place, y compris l'enlèvement du pont provisoire en bois, a dû être effectuée en une nuit entre 19 h et 6 h. Calcul statique. Description. Matières et leur vérification. Travaux à l'atelier. Protection contre la rouille. Transport et montage. E. 25061.

CUDU 624.27 : 693.97.

382-67. Nouveaux ponts en acier (Neuere Stahlbrücken). FREI (M.); *Stahlbau Bericht*, Suisse (avr. 1953), n° 16, 16 p., 14 fig. — Pont de la Tannwald pour une seule voie de chemin de fer (trois ouvertures de 36 m). Pont sur la Simme (longueur 54,3 m en deux ouvertures, 28,8 et 25,5 m), également pour une seule voie ferrée. Pont route sur l'Aare à Schinznach. Ce pont remplace un pont antérieur dont on utilise les piles en les surélevant. E. 25101.

CUDU 624.27 : 693.97.

383-67. Construction du pont routier de Peat's Ferry sur la rivière Hawkesbury (Australie) (The construction of highway bridge across the Hawkesbury river at Peat's Ferry, N. S. W.). SHEPLEY (A. R.); *J. Instn Engrs Austral.*, Austral. (jan.-fév. 1953), vol. 25, n° 1-2, p. 1-10, 24 fig. — Deux travées métalliques en treillis de 134 m d'ouverture, suivies d'un viaduc métallique de huit travées de 27,4 m et de huit travées de 12,2 m. Détail des fondations. Les grandes travées ont été amenées finies sur flotteurs. E. 25256.

CUDU 624.27 : 693.97.

384-67. La reconstruction et la transformation du pont aval du Main à Francfort (Neubau und Umbau der Untermainbrücke in Frankfurt a. M.). JACOBI (A.); *Bauingenieur*, All. (juin 1952), n° 6, p. 195-201, 17 fig. E. 23063.

CUDU 624.27.

385-67. Ponts à liaison élastique entre les poutres principales en acier et le tablier de chaussée en béton (Brücke mit elastischem Verbund zwischen den Stahlhauptträgern und der Betonfahrbahntafel). HOMBERG (H.); *Bauingenieur*, All. (juin 1952), n° 6, p. 213-216, 9 fig. E. 23063. CUDU 624.27 : 693.97.

386-67. Le rétablissement du pont Hohenzollern à Cologne pour deux voies ferrées Hohenzollernbrücke in Köln zweigleisig endgültig wiederhergestellt). SCHAU (R.); *Strassen-Tiefbau*, All. (avr. 1953), n° 4, p. 127-129, 7 fig. E. 25103. CUDU 624.27 : 693.97.

387-67. Type particulier de travée continue sur appui élastique I. (Un particolare tipo di travée continua su appoggi elasticamente cedevoli). FRANCIOSI (V.); *Cemento*, Ital. (jan. 1953), n° 1, p. 26-28, 2 fig. — Calcul d'un pont à éléments séparés s'appuyant sur des bateaux. Formules pour le tracé rapide des lignes d'influence. Évaluation de l'approximation obtenue en attribuant aux poutres une rigidité infinie. Exemple. E. 25254.

CUDU 624.27 : 518.3.

388-67. Le nouveau « pont du Lombard » à Hambourg (Die « Neue Lombardsbrücke » in Hamburg). PESCHGES (H.); *Bitumen*, All. (avr. 1953), n° 3, p. 56-63, 17 fig. — Pont à trois arches en béton armé et aménagement des routes voisines. E. 25194.

CUDU 624.6 : 693.55.

389-67. Le pont de la Saale près de Bad Dürrenberg (Die Saalebrücke bei Bad Dürrenberg). SCHEUNERT (A.), KLEPEL (J.); *Bauplan. Bautech.*, All. (avr. 1953), n° 4, p. 155-159, 17 fig. — Pont en béton armé; largeur totale :

10,5 m; trois arcs de : 20,6, 35 et 58 m d'ouverture. E. 25067. CUDU 624.6 : 693.55.

390-67. Construction du pont de la Tiefental en en Bavière (Der Bau der Tiefentalbrücke in Bayern). PFLETSCHINGER; *Österr. Bauztg.*, Autr. (18 avr. 1953), n° 16, p. 6-8, 5 fig. — Pont en arc en ciment armé. Longueur totale : 132 m, portée de l'arc : 78 m, flèche : 12,6 m, largeur totale : 10 m. E. 24971.

CUDU 624.6 : 693.55.

391-67. Avantages économiques du montage préalable d'une travée de pont suspendu (Pre-assembly pays on suspension span). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (7 août 1952), vol. 149, n° 6, p. 40-42, 9 fig. E. 21751.

CUDU 624.5.

392-67. Les manchons de serrage des câbles sur le nouveau pont suspendu de Cologne-Mülheim sur le Rhin (Die Kabelschellen der neuen Hängebrücke über den Rhein bei Köln-Mülheim). SEEVERS (K. H.); *Bauingenieur*, All. (avr. 1952), n° 4, p. 123-127, 9 fig., 5 réf. bibl. E. 23061.

CUDU 624.5 : 691.71.

393-67. Le pont sur le Rhin entre Cologne et Mülheim (Die Köln-Mülheimer Rheinbrücke). SCRUESSLER (K.); *V. D. I.*, All. (21 sep. 1952), vol. 94, n° 27, p. 913-916, 8 fig., 5 réf. bibl. — Pont suspendu. Ouverture centrale : 315 m. largeur : 27 m. E. 25134.

CUDU 624.5.

394-67. Passerelle à travée levante de 91,5 m d'ouverture, sur la Harlem River, à New-York *Génie civ.*, Fr. (15 mai 1953), t. 130, n° 10, p. 195, 1 fig. E. 25363.

CUDU 624.82.

395-67. Le calcul des massifs en pierre des piles de pont (Die Berechnung von Auflagerbänken und Auflagerquadern von Brückenpfählen). SIEVERS (H.); *Bauingenieur*, All. (juin 1952), n° 6, p. 209-213, 15 fig., 2 réf. bibl. E. 23063.

CUDU 624.21 : 693.2 : 518.5.

Fo INCIDENCES EXTÉRIEURES

Fod Modifications.
Démolitions. Désordres.

396-67. Causes de certains effondrements dans la construction (en béton armé) (El porqué de algunos hundimientos en construcción). RODRIGUEZ ALVAREZ (J.); *Cemento Hormigon*, Esp. (avr. 1953), vol. 19, n° 229, p. 127-130, 2 fig. E. 25059.

CUDU 693.55 : 690.592.

II. — TRADUCTIONS

D'ARTICLES TECHNIQUES EFFECTUÉES PAR L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

Des reproductions de ces traductions peuvent être fournies aux adhérents de l'Institut Technique, moyennant une participation aux frais de traduction fixée forfaitairement à 325 F la page dactylographiée du format normal, pour textes anglais, allemands, italiens et espagnols. Prix sur demande pour les autres langues.

357. Étude d'un escalier hélicoïdal (Design of a helical staircase). *Concr. Constr. Engng*, G.-B. (sep. 1951), vol. 46, n° 9, p. 283-286, 4 fig. (Extrait de : « Étude et construction du Royal Festival Hall, sur la rive Sud de la Tamise » de E. O. Measor, D. H. New, dans « J. Instn civ. Engrs », mai 1951, vol. 36,

n° 7, p. 290-295). — Calcul d'un escalier hélicoïdal de rayon r où la charge totale est supposée concentrée en son centre de gravité à une distance R de l'axe de l'hélice. L'hélice se développe sur 240° et on suppose que les deux extrémités de l'hélice reposent librement sur leurs appuis. Méthode de détermination des

moments de flexion et de torsion. Valeurs comparatives de ces moments pour le cas où les extrémités sont considérées comme complètement encastrees; méthode générale de calcul dans ce dernier cas et pour des charges symétriques. E. 25368, 6 p.

III. — BIBLIOGRAPHIE

Chaque analyse bibliographique donnant le nom et l'adresse de l'éditeur et le prix de vente, les adhérents de l'Institut Technique sont priés de s'adresser directement aux éditeurs ou aux librairies pour se procurer les ouvrages qu'ils désirent acquérir ; toutefois pour les ouvrages édités à l'étranger, il est préférable de les commander par l'intermédiaire de librairies spécialisées dans l'importation. Tous renseignements complémentaires seront fournis sur demande par l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, 19, rue La Pérouse, Paris-XVI^e.

B-870. **La méthode de Hardy Cross et ses simplifications. Systèmes rectilignes, brisés et courbes à moments d'inertie constants ou variables. Poutres Vierendeel.** ZAYTZEFF (S.); Éd. : Dunod, 92, rue Bonaparte, Paris (1953), 2^e édit. (15,5 × 24 cm), 224 p., 176 fig., 16 réf. bibl., F : 1 420. — Équations de la méthode des déformations. Comment la méthode de H. Cross permet de remplacer la résolution d'un grand nombre d'équations similaires par un procédé d'approximations successives. Mécanisme de la méthode qui se déroule en deux étapes : évaluation des moments sans tenir compte des déplacements horizontaux, puis évaluation des moments de correction dus aux déplacements; exemples numériques. Application directe et simplifications de la méthode dans les cas complexes d'ossatures composées de barres à moment d'inertie constant; cas des portiques étagés soumis aux déplacements latéraux. Calcul des constructions rigides complexes par la méthode de balancement des moments et sans recours aux forces fictives de fixation. Portiques polygonaux ou à fibre moyenne brisée : applications. Portiques simples à traverse parabolique avec valeur constante de la projection verticale du moment d'inertie. Calcul des poutres Vierendeel. Méthode de calcul des systèmes comportant des barres à moment d'énergie variable. Appendice I : Méthode de déformation de W.-M. Wilson et G.-A. Maney. Appendice II : Abaques de Cross permettant de déterminer pour des poutres à goussets les moments d'encastrement, les coefficients de rigidité et de transmission; tables de Prenzlau, abaques de Ling, tables de C. Fernandez Casado. É. 24653.

B-871. **Précis de mécanique des fluides.** SEDILLE (M.); Éd. : Dunod, 92, rue Bonaparte, Paris (1953), nouv. tirage, 1 vol. (15,5 × 24 cm), VIII + 136 p., 102 fig., 32 réf. bibl., F : 780. — I. Équations générales des fluides parfaits (équations : du mouvement, de continuité; fonction de courant, formule d'Euler-Rateau). II. Écoulements à potentiel : mouvements : à potentiel, tourbillonnaires; théorème de Lagrange; mouvements plans irrotationnels des fluides incompressibles. III. Conditions générales de similitude des écoulements. IV. Généralités sur les fluides réels; coefficient de viscosité; nombre de Reynolds; allure des phénomènes en fonction du nombre de Reynolds. V. Écoulements laminaires; viscosité des gaz par la théorie cinétique; équations de Navier; dissipation de l'énergie; perte de charge; mouvement dans les tubes; loi de Poiseuille; mouvements à potentiel des liquides visqueux; résistance des sphères en régime laminaire; couches limites laminaires. VI. Écoulements turbulents, ses paramètres statistiques; équations générales pour les fluides incompressibles; dissipation de l'énergie du mouvement turbulent dans les tuyaux; couches limites turbulentes. VII. Rugosité. VIII. Résistance de forme; sillages; décollements. IX. Applications des équations des fluides parfaits dans le cas de l'aile d'avion, du ballon dirigeable; barrage déversoir; mouvement ondulatoire d'un liquide pesant; résistance des carenes. X. Fluides compressibles, leur thermodynamique; similitude, rôle de la vitesse du son, tuyères; ondes : de choc, sonores; écoulements subsoniques et supersoniques autour d'obstacles. XI. Échanges

calorifiques (conductibilité, flux thermique, convection). E. 25444.

B-872. **Pompes, ventilateurs, compresseurs centrifuges et axiaux.** KOVATS (A. de), DESMURE (C.); Éd. : Dunod, 92, rue Bonaparte, Paris (1953), 1 vol. (16 × 24,5 cm), VIII + 336 p., 150 fig., F : 3 800. — Turbo-machines génératrices. I. Écoulements des liquides dans des canaux limités par des parois, autour des ailes et des grilles; pertes d'énergie dans le courant. II. Calcul et construction des roues et des diffuseurs; fonctionnement de la pompe; calcul des pertes d'énergie, fonctionnement de la pompe inversée et en turbine; choix du système de pompe et de ventilateur; calcul et tracé de la roue; diffuseurs; poussée axiale, son équilibrage. III. Détails de construction. IV. Pompes spéciales : alimentaires, d'extraction, à pâtes et à eau d'égout, de sucreries, de dragages, pour l'industrie chimique, pour liquides visqueux, d'accumulation, de forage, transportables, à auto-amorçage. V. Exemples de calculs, tracés de pompes. VI. Choix des pompes et ventilateurs, leurs essais. VII. Turbo-compresseurs : principes de thermodynamique, calcul des pertes; choix du type; calcul des roues et diffuseurs; réglage; particularités de la partie mécanique; exemple du calcul thermodynamique d'un compresseur. E. 25446.

B-873. **Pratique du percement des tunnels.** RICHARDSON (H. W.), MAXO (R. S.); Éd. : Dunod, 92, rue Bonaparte, Paris (1953). Traduction de la 4^e édit. américaine par C. MAGNE, 1 vol. (16 × 24,5 cm), XX + 494 p., nombr. fig., F : 4 900. — I. Historique des travaux de tunnels. II. Conception et technique des tunnels (reconnaissance du sol, méthodes d'exécution, revêtements). III. Implantation et contrôle topographique. IV. Mesures de sécurité à prendre en souterrain. V. Fonçage des puits d'acier. VI. Marinage à la main, transporteur à courroie, chargeuse mécanique. VII. Procédés de roulage sur voie ferrée; modes d'installation du matériel; types de matériel roulant et de tracteurs. VIII. Treuils, charpentes pour puits d'attaque. IX. Ventilation, élimination des poussières. X. Pompage, épuisements. XI. Matériel et installations annexes. XII. Tunnels boisés en terrain tendre, divers systèmes de cintres. XIII. Exécution des tunnels en mauvais terrain avec blindage et plaques métalliques. XIV. Exécution des tunnels par la méthode du bouclier. XV. Construction et utilisation du bouclier. XVI. Travaux dans l'air comprimé. XVII. Disposition des sas; équipements divers. XVIII. Tunnels au rocher. XIX. Perforation, outillage nécessaire, plan de tir. XX. Explosifs, leur mise en œuvre. XXI. Étalements, boisages dans les tunnels au rocher. XXII. Bétonnage des revêtements; divers procédés employés dans les divers cas. XXIII. Tunnels en terrains exceptionnels (grès, marne). XXIV. Méthode de forage par tuyaux avancés au moyen de vérins. E. 25445.

B-874. **Précis pour le calcul du béton armé** (conforme aux instructions officielles françaises du 19 juillet 1934). MASSON (H.); Éd. : Eyrolles, 61, boulevard Saint-Germain, Paris (1952), 6^e édit., 1 vol. (16,5 × 25,5 cm), 151 p., 47 fig., réf. bibl., F : 625. — I. Caractères généraux du béton armé : adhérence; résistance à la traction; coefficient d'équivalence; taux pratiques de contraintes; poids. — II. Compression et traction uniformes; flambement; frettage. —

III. Équations de la flexion du béton armé, de la circulaire ministérielle. — IV. Utilisation directe des équations de la flexion dans l'étude et la vérification d'un projet et leur extension au cas de la flexion composée; étude du cas où l'axe neutre tombe en dehors de la section; prescriptions diverses concernant les hourdis et les poutres en T. — V. Calcul pratique des armatures principales dans les hourdis, les poutres en T à simple ou double armature et dans le cas de la flexion composée. — VI. Méthodes de calcul des contraintes de glissement, des armatures obliques, des étriers et de leur répartition, des raccordements de barres et crochets. Calculs au moyen d'abaques et de constructions géométriques. E. 25184.

B-875. **La fabrication et l'utilisation des tuyaux en béton armé et non armé.** GUERRIN (A.), DANIEL (G.); Éd. : Eyrolles, 61, boulevard Saint-Germain, Paris (1953), 1 vol. (16 × 24,5 cm), 134 p., 83 fig., 33 réf. bibl., F : 1 200. — I. Fabrication : 1^e Béton; agrégats; qualités des bétons pour tuyaux; ciments; dosages en ciment et en eau. 2^e Procédés et matériels de mise en œuvre du béton; généralités; procédés anciens; compression; vibration; centrifugation; fabrication sur place au lieu d'emploi. 3^e Ferrailage; nature des aciers; emplacement des spires; armature ovale; mise en œuvre; façonnage des tôles. 4^e Organisation de la fabrication; malaxeur au sol ou sur pylône; passerelle de moulage; centrifugation; bétonnage des pierres spéciales; entretien; projets d'outillage; chambres chaudes; démoulage et stockage; chaîne; plan d'ensemble de l'usine; tuyau de qualité. — II. Utilisation : 1^e Choix des tuyaux; conditions de recette; tuyaux commerciaux anciens et actuels, à embases, ovoïdes; données influant sur le choix : choix des conditions de recette des tuyaux à écoulement libre et à pression. 2^e Essais des tuyaux (flèches, porosité, perméabilité). 3^e Pose des tuyaux; tranchée, assiette, remblaiement, fondations. 4^e Conservation des tuyaux; étanchéité; colmatage; joints; causes de destruction mécaniques, physiques et chimiques; effets d'électrolyse; prises en charge; réparations; prix; avantages spécifiques du tuyau en béton armé. E. 25598.

B-876. **Calcul des conduites d'eau avec cheminées d'équilibre** GHIZZETTI (A.); Éd. : Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins, Paris (1953), vol. 1 (14,5 × 22 cm), x + 78 p., nombr. fig., 12 fig. h. t., réf. bibl., F : 1 000. — (Traduit de l'italien par A. POLI). (Collection des « Manuels de calculs techniques »). — I. Cas d'une seule cheminée d'équilibre à section constante; équation différentielle, on ramène par changement de variable à un problème réduit avec des paramètres sans dimension; propriétés des solutions du problème; développements en série; tables numériques des fonctions utilisées; méthode graphique; quatre exemples pratiques. II. Cas d'une cheminée d'équilibre à section variable; méthode de calcul simple pour déterminer les niveaux maximum et minimum, applications numériques pour des colonnes à deux sections et trois sections. E. 25268.

B-877. **Comment réaliser de bons imprimés. Méthode d'utilisation des arts graphiques.** Éd. : CEGOS (Commission générale d'organisation scientifique), 33, rue Jean-Goujon, Paris

(1952), 1 vol. (15,5 × 24 cm), 224 p., 57 fig., 3 fig. h. t., F : 1 500. (Journées d'études des 21, 22, 23 novembre 1951). — M. RIGNOLS : Papier; fabrication et caractéristiques. — G. BONNEVAL : Choix et commande du papier. Rapports avec l'imprimeur. Rapports avec le photograveur. Conseils pratiques. — M. HEMMERLE : Techniques de l'imprimerie. — M. PERROT : Comment réaliser vos illustrations. — M. LEROY : Façonnage : brochure et reliure industrielle. — M. PROVOT : Imprimés multiples. — C. PEIGNOT : L'art et l'imprimerie. — M. WURMSEER : Machines à imprimer de bureau. — M. LE MASSON : Imprimés administratifs intérieurs et applications du « Standard typographique » à la S. N. C. F. — M. GIRET : Normalisation française en matière d'imprimés. Vocabulaire typographique. Références de l'ouvrage. E. 25620.

B-878. **Le travail des métaux aux machines-outils.** ANDROUIN (M.-J.); Éd. : Librairie J.-B. Bailliére et Fils, 19, rue Hautefeuille, Paris (1953), 2^e édit., 1 vol. (16,5 × 25 cm), 460 p., 648 fig., 47 réf. bibl. — I. Taillage à l'outil : action de l'outil à tailler les métaux, formation des copeaux, facteurs agissant sur l'effort de coupe; broutement, déformations élastiques, moyens de les éviter; étude géométrique des outils à charioter (de dépoliure et pentes égales, de profil constant); normalisation et affûtage des outils; recherche des conditions de marche les plus économiques; calcul des vitesses et des temps; matières pour outils (acières, alliages spéciaux, carbures frits); traitement et essais des aciers à outils; propriétés des produits métallurgiques et autres au point de vue de leur taillage à l'outil. II. Procédés de façonnage : rabotage; mortaisage; alésage (au tour, à l'alésoir, à la machine à aléser); perçage (action du foret hélicoïdal, forme des forets, pratique du perçage); fraisages : en général, de face, de profil; taillage par engrenement; brochage; filetage à la filière; taraudage; tournage et décolletage; grattage; limage; sciage des métaux; travail à la meule (meulage, rectification); rodage; polissage; travail par roulement; brunissage. E. 25360.

B-879. **Technologie céramique. Briqueterie, tuilerie, poterie.** PINETTE (M.); Ed. : Librairie J.-B. Bailliére et Fils, 19, rue Hautefeuille, Paris (1953), 1 vol. (13 × 19,5 cm), 175 p., 74 fig. — Ouvrage destiné aux agents de maîtrise de la fabrication des briques et tuiles. Généralités sur la définition des produits céramiques, tuiles, briques, boisseaux, matières premières, leurs qualités; carrières, modes d'extraction; traitement des matières premières, neutralisation des impuretés; mélangeage, distribution des pâtes; fabrication par étirage, pressage, moulage ou coulage; séchages naturel et rationnel en séchoir-tunnel; cuisson aux fours intermittent et continu; appareils de contrôle du séchage et de la cuisson; manutention mécanique des matières premières et des produits finis. E. 25359.

B-880. **Bort.** Éd. : La Houille Blanche, rue Paul-Verlaine, Grenoble (Isère) (1953), n° hors série, 1 vol. (22 × 29,5 cm), 341 p., nombr. fig., F : 2 000. — J. de BARRUEL : Description générale de l'aménagement. — A. BONNET : Historique des travaux du barrage-usine. — L. THONET : Problèmes de fondation; géologie; traitement du sol. — M. MARY : Préparation du ciment de laitier par voie humide (procédé Trief); son application au barrage de Bort-les-Orgues. — M. CHAPELLE : Refroidissement des bétons. — M. DUBOUT : Équipement du chantier; utilisation d'éléments préfabriqués en béton pour le coffrage des parements, les grilles d'entrée de vidanges et conduites forcées, etc. — Ch. MAGNE, G. DASSONVILLE : Travaux de la dérivation de la Rhône. — J. BARGE : Siphon de Granges : historique et essais. — M. DUBOUT : Siphon de Granges : réalisation. — H. CHAMAYOU,

M. FARAL : Équipement électro-mécanique. — R. BARON, F. ROSSAT : Vannes et papillons. — M. GROUSSON : Conduites métalliques enrobées dans le béton du barrage. — R. MAITRE, H. VIEU : Études hydrauliques sur modèles réduits pour l'évacuateur de crues, pour le jet et le dispositif de dispersion, pour les essais des vidanges de fond et l'aménagement du canal de fuite. H. MARTY : Plastique architecturale. M. MARY : Problèmes humains. Bibliographie. E. 25504.

B-881. **Notes techniques sur les constructions métalliques.** Éd. : Centre de Recherches scientifiques et techniques de l'Industrie des Fabrications métalliques, 21, rue des Drapiers, Bruxelles, Belg. (1952), 77 feuillets (23 × 29 cm), nombr. fig., 1 pl. h. t., réf. bibl., B-10.31 : Torsion uniforme; généralités; analogies de membrane et hydrodynamique; sections en caissons simples ou comportant des cloisons intérieures; exemples d'application. — B-10.4 : E. FOULON : Tensions composées; étude des états de tension bi ou tri-axés; critères anciens et modernes (Guest, Von Mises, Hencky, Huber, Mohr-Caquot); exemples d'application. — B-13.2 : Ch. MASSONNET : Voilement des plaques planes sollicitées dans leur plan; formules fondamentales de la théorie des voilements pur et plastique; valeur des coefficients de voilement pour les plaques rectangulaires pour diverses sollicitations et différentes conditions d'appui; plaques raidies. — C-10 : GREISCH, MASSONNET : Dimensionnement pratique de l'épaisseur de l'âme et de l'écartement des raidisseurs des poutres à âme pleine en tenant compte du danger de voilement; expériences montrant que les tensions critiques calculées au moyen des formules de Timoshenko peuvent être utilisées avec des coefficients de sécurité de 1,35 pour le voilement par cisaillement et de 1,15 pour le voilement par flexion. Un abaque établi sur ces bases permet : 1^o De déterminer le coefficient de sécurité au voilement d'un panneau soumis à des tensions données; 2^o De déterminer l'espacement des raidisseurs verticaux pour un coefficient de sécurité donné; 3^o De déterminer l'épaisseur d'une âme de hauteur et de largeur données avec un coefficient de sécurité de valeur donnée. Extension au cas de raidisseurs horizontaux.

— D-10 : Enseignements à tirer des ruptures constatées dans les constructions; étude de ruptures attribuables à un défaut de conception, au choix non adéquat de l'acier, au programme de soudage non adéquat, à la préparation défective des pièces, à des conditions d'exécution défectueuses de la soudure, à l'empêchement du retrait. — D-50.1 : Poutres à âme pleine en double T, composées par soudure. Règles d'exécution relatives à l'exécution de poutres à âme pleine dont chacune des semelles est constituée soit par un large plat, soit par deux larges plats superposés, soit par un profil T ou une demi-poutrelle, soit par un plat nervuré. — D-51.1 : Assemblage bout à bout de profils en double T; description des procédés par soudage symétrique et par soudage successif. E. 25560.

B-882. **Topographie. Théorie et pratique.** BARBIER (L. E.); Éd. : Technique et Vulgarisation, 5, rue Sophie-Germain, Paris (1953), 1 vol. (13,5 × 21,5 cm), III + 288 p., 187 fig., F : 975. — I. Généralités : 1^o Sciences cartographiques; définitions; cartographie; géodésie et topographie; topométrie; éléments de la géodésie; forme de la terre; coordonnées géographiques; systèmes de représentation; opérations géodésiques; nature des mesures topométriques. 2^o Précisions des opérations topographiques; généralités sur les erreurs; théorie des erreurs accidentelles; propriétés; composition; compensation. — II. Instruments : 1^o Organes des instruments; visseuse à visée directe et à lunettes (description, théorie, réglage, qualités, vérification); nivelle (théorie, qualités, erreurs); vernier; aiguille aimantée, boussole, déclinatoire. 2^o Appareils auxiliaires des instruments; mires; jalons; balises; signaux; supports d'instruments. 3^o Instruments de mesure des distances; généralités; mesures directe et indirecte ou stadiométrie; stadiomètres non réducteurs (à lunette et à prisme), réducteurs. 4^o Instruments de mesure des angles; généralités; fautes et erreurs, goniomètres : à visée directe, à miroirs; boussole; théodolite et dérivés; goniophores. 5^o Instruments de mesure directe des hauteurs; objet; niveaux sans ou avec lunettes et à nivelles diverses. 6^o Instruments de mesure indirecte des hauteurs. 7^o Instruments de mesure simultanée des angles des distances et indirectement des hauteurs; omnimètre; tachéomètres ordinaire et autoréducteur. — III. Méthodes de la topographie : 1^o Planimétrie; procédés divers et applications. 2^o Altimétrie ou nivellation; procédés géométrique, trigonométrique, barométrique; observations générales. — IV. Levés spéciaux : 1^o Tachéométrie. 2^o Photogrammétrie. 3^o Hydrotopographie. V. Opérations de travaux publics effectuées avec des instruments de topographie : 1^o Tracé des axes et des courbes. 2^o Levés de profils en travers, en sites terrestre et aquatique. E. 25619.

B-883. **Guide du chauffage, de la ventilation et du conditionnement d'air, 1953** (Heating, ventilating, air conditioning guide 1953). Éd. : The American Society of Heating and Ventilating Engineers, 62 Worth Street, New-York 13, U. S. A., vol. 31, 31^e édit. (15 × 23,5 cm), xxiv + 1560 p., nombr. fig., 2 pl. h. t., 7 \$ 50. — I. Principes fondamentaux de la thermodynamique, de l'écoulement des liquides et fluides et de la transmission de la chaleur. II. Réactions humaines, principes physiologiques, conditionnement d'air appliqués à la prévention des maladies; éléments pouvant contaminer l'atmosphère. III. Charges imposées par le chauffage et la ventilation. IV. Combustibles, consommation de combustibles nécessaires à leur fonctionnement; équipements automatiques; chaudières; cheminées, etc. V. Différents systèmes : de chauffage et de réfrigération, à air chaud, à vapeur, par panneaux rayonnants; leurs canalisations et tuyauteries; moteurs et équipements automatiques utilisés dans ces divers systèmes; chauffage électrique; dangers de corrosion, de dépôts, leurs causes et mesures à prendre pour les éviter. VI. Systèmes de chauffage et de ventilation industriels. Appareils de contrôle et mesures. Codes et normes américaines. Catalogue des principaux appareils et matériaux construits par trois cent cinq fournisseurs américains. Bibliographie. E. 25188.

B-884. **Études de dalles et de poutres pour ponts-routes.** IV Essais : grandeur nature d'éléments de liaison en fers U et de poutres composées en T (Studies of slab and beam highway bridges, Part IV. Full-scale tests of channel shear connectors and composite T-beams). VIEST (I. M.), SIESS (C. P.), APPLETON (J. H.), NEWMARK (N. M.); Éd. : University of Illinois Engineering Experiment Station, 358 Administration Building, Urbana, Illinois, U. S. A. (déc. 1952), vol. 50, n° 29, Bull. ser. no 405, 1 vol. (15 × 23 cm), 155 p., 88 fig., 112 réf. bibl. — Principes historiques; recherches, leur objet. Essais de décollement d'élément de liaison : lignes générales du programme d'essais; échantillons; matériaux; fabrication des éprouvettes. Essais et résultats des essais : processus des essais; présentation des résultats; répartition des charges. Discussion des résultats d'essais : comportement des liaisons en fers U; contraintes : maxima, dans le béton voisin; influence de la forme du fer U, de la résistance du béton. Étude théorique des liaisons en fers U; forces agissant sur le fer; hypothèses simplificatrices; formules simplifiées; domaine d'application des formules simplifiées. Essais des poutres composées; étude, description, matériaux et construction des poutres. Essais et

leurs résultats; essais annexes; comportement des poutres composées; charges limites des dalles en béton. Discussion des résultats des essais; puissance portante des poutres, résumé des résultats. Déformation des poutres composées au delà de la limite d'élasticité. Contraintes dans le domaine plastique; déformations dans ce domaine; complément à l'étude des poutres composées. E. 24748.

B-885. Le béton précontraint (Prestressed concrete). BILLIG (K.); Ed.: MacMILLAN and Co, Ltd, St. Martin's Street, Londres, G.-B. (1952), 1 vol. (14,5 × 22 cm), x + 470 p., 121 fig., 36s. — I. Données générales; principes fondamentaux du béton précontraint, ses différents procédés de production; outillage nécessaire; matériaux à utiliser; historique des diverses méthodes de précontrainte; constructions auxquelles s'applique le béton précontraint; recherches et essais qui ont été effectués sur ce matériau. II. Étude des constructions en béton précontraint: principes, hypothèses à admettre; application aux divers cas de charge; résistance de rupture; facteur de sécurité. III. Exemples d'application: aux poutres soumises à la flexion, en I, à lame pleine; aux ponts; aux dalles de plancher; aux pylônes électriques; aux traverses de chemin de fer; aux pistes d'aérodromes et aux routes à grand trafic; aux conduites à haute pression; aux grands réservoirs. En appendice: Code pratique. Bibliographie. E. 24631.

B-886. Les défauts de l'acier et leur détection (Steel defects and their detection). THOMPSON (H.); Ed.: Isaac Pitman and Sons, Ltd, Parker Street, Kingsway, Londres WC 2, G.-B. (1952), 1 vol. (14,5 × 22,5 cm), VIII + 84 p., 82 fig., 35 réf. bibl., 15s. — Les défauts des aciers proviennent en premier lieu de ceux qui se forment au moment de la coulée des lingots ou de leur solidification, lors de la formation des cristaux; défauts: soufflures, ségrégation, formation de gros cristaux, inclusions de laitier, fissures, décollements de la surface. D'autres défauts se manifestent pendant et après le laminage: écailles, piqûres, marques provoquées par les guides ou les cylindres, fissures de toutes sortes. Moyens actuels d'examen des aciers afin de révéler ces défauts. Examens macroscopiques et microscopiques. Constitution microscopique des aciers: ferrite, perlite, austénite. Les fissures peuvent être mises en évidence par des méthodes: magnétiques, de fluorescence, électroniques ou supersoniques et spectroscopiques. Possibilité de révéler les inclusions contenues dans un acier donné. E. 25046.

B-887. La poutre continue (Der durchlaufende Träger). BOLLINGER (O. E.); Ed.: Schweizer Druck-und Verlagshaus, Klausstrasse 33-35, Zurich 8, Suisse (1947), 1 vol. (15,5 × 21,5 cm), 247 p., nombr. fig. — Calcul à l'aide de l'équation des trois moments de Clapeyron. Principes théoriques. Applications pratiques: moment d'inertie constant sur toute la longueur de la poutre; charge fixe; moments sur appuis dans le cas de poutres à appuis extrêmes à articulations; réactions des appuis; efforts tranchants; moments dans les travées; exemples numériques, poutres: à trois, deux, quatre travées; poutre à une travée encastrée aux deux extrémités. Charges utiles réparties sur les travées; position des charges pour les valeurs maxima et minima des moments; détermination des moments sur appuis; exemples numériques: poutres à trois et quatre travées. Effets des différences de températures. Mouvement des appuis observés; moments d'inertie: variables, restant constants sur chaque travée, variant d'une manière quelconque; lignes d'influence: pour poutres continues à moment d'inertie constant sur toute la longueur (lignes d'influence des moments: sur appuis, en travées; des efforts tranchants;

des réactions d'appui); poutres continues à moment d'inertie variable (moment d'inertie constant sur chaque travée, variable d'une façon quelconque). E. 25126.

B-888. Déplacement de la poussée des terres dans l'exécution des murs de soutènement (Erddruckverlagerung bei Spundwandbauwerken). BRISKE (R.); Ed.: Wilhelm Ernst und Sohn, Hohenzollerndamm 169, Berlin-Wilmersdorf, All.; Lange, Maxwell and Springer Ltd, 242 Marylebone Road, Londres NW1, G.-B. (1953), 1 vol. (21 × 30 cm), v + 159 + A.22 p., 133 fig., 12 fig. h. t., DM : 16. — Position et étude du problème, jeu des forces dans un mur de soutènement simplement ancré. Considération critique des modes de calculs généralement utilisés et de leurs principes; aperçu historique. Répartition linéaire des pressions. Diminution des pressions et leur répartition entre l'ancre et le pied de mur. Résistance des terres à l'ancre supérieure. Formation des voûtes. Déplacement de la poussée d'après Ohde. Utilisation et domaine de validité du procédé. Interdépendance du déplacement de la poussée et de la déformation de l'ouvrage. Modes principaux des mouvements des murs. Déplacements de poussée sur charges de poussée nuisibles. Rapports de ces phénomènes avec le mode de construction et les dimensions de l'ouvrage. Résultats d'expériences, effets techniques et économiques de ces résultats. Question de sécurité. Influence sur la forme économique. Diverses mesures spéciales de construction. Bibliographie. E. 25282.

B-889. Ordonnées des lignes fléchies pour les poutres à appuis libres et les poutres continues (Durchbiegungs-Ordinaten für Einfeld- und durchlaufende Träger). ANGER (G.), TRAMM (K.) Werner-Verlag G. M. B. H., Düsseldorf-Lohausen, All. (1953), 1 vol. (15 × 22 cm), 193 p., 231 fig., réf. bibl. DM : 25. — Élasticité; moment d'inertie. Prescriptions administratives pour le calcul des lignes fléchies. Flexion dans les poutres à appuis libres, cas des poutres encastrées. Moments de flexion admissibles. Flexion des poutres: à treillis, continues. Lignes de flexion et d'influence. Influence des ordonnées des lignes fléchies sur le calcul. Lignes d'influence pour poutres sur: trois, quatre et cinq appuis. Moments d'inertie: des diverses figures géométriques, des sections les plus employées; cas du bois, de l'acier: profils divers, tubes, aciers ronds à béton; cas du béton armé. Moments de flexion; ligne déformée; charges pour diverses poutres. Charges réparties: sur poutres reposant librement sur leurs appuis, sur poutres encastrées à une ou deux extrémités. Moment d'inertie minimum nécessaire pour poutres reposant librement sur leurs appuis et avec charges uniformes. Tables donnant la hauteur des poutres, la flexion des profilés. Moments de flexion admissibles pour divers profilés. Ordonnées des lignes d'influence de flexion pour les poutres reposant sur: trois, quatre, cinq appuis. Travée intermédiaire dans le cas d'un nombre infini de travées. E. 25437.

B-890. Lignes aériennes à haute tension (Die Hochspannungsfreileitungen). GIRMANN (K.), KONIGSHOFER (E.); Ed.: Springer, Möllerbasti 5, Vienne I, Autr. (1952), 2^e édit., 1 vol. (17 × 25 cm), xv + 655 p., 716 fig., nombr. réf. bibl., § : 22.40. — Éléments de la construction; pylônes; connaissances électriques nécessaires. Principes du calcul des grands transports de force électrique. Câbles; armatures; leurs propriétés; les obligations qu'ils doivent remplir; leur calcul; projet des pylônes. Le pylône: en acier, en béton armé, en bois. Fondations des pylônes. Questions relatives au projet d'ensemble. Travaux préparatoires sur le terrain: tracé, divers modes de tracé. Levé des profils en long; détermination de la position des pylônes; points d'appui; piquetage des fondations des pylônes. Mon-

tage des lignes aériennes: organisation des travaux et leur exécution; levage et mise en place des pylônes; terrassements; cas des pylônes en bois, en acier, en béton armé; exécution des fondations en béton; montage des isolateurs; tirage des câbles. Questions d'exploitation; causes des pannes et moyens d'y remédier; lignes chargées de glace; force du vent; surtensions; action de la foudre. Action des lignes haute tension sur les lignes basse et moyenne tension du voisinage. E. 25336.

B-891. Le calcul statique (Die statische Berechnung). MAYER (M.); Ed.: Bauwelt, Mariendorfer Damm 1/3, Berlin-Tempelhof, All. (1953), vol. 1 (22 × 30 cm), 247 p., 526 fig., 5 fig. h. t., DM : 19. — Règles des calculs statiques vérifiables. Principes; forces extérieures; divers procédés de calcul; poutres: moments et efforts tranchants; charges diverses; caractéristiques des sections; poutres: en treillis, continues; éléments de charge; majoration de continuité; lignes d'influence; flexion: poutres sur appuis simples, charges composées, poutres continues, flexion composée, flambage; poutres et arcs divers: arcs à deux articulations; calcul des portiques; poutres à deux articulations; portiques: à étages à deux montants, symétriques; fermes; déplacement des fermes; section et piliers de halles; charges verticales accessoires dues au vent; murs avec piliers; escaliers. Calcul des dimensions: cas des flexions: simple, composée; toitures en bois. Béton et béton armé: normalisation des sections; poutres: sur appuis simples, à hourdis; planchers en éléments creux; balcons; flexion double; bordures des dalles; flexion et compression; flexion et traction; colonnes; fondations en béton. Genèse et conséquences du calcul statique. Vérification statique. Annexes: flexion des poutres; poutres: encastrées, continues. E. 24747.

B-892. Villes au bord de l'eau (Städte am Wasser). LEMBKE (C.); Rembrandt-Verlag G. M. B. H., Forststrasse 22, Berlin-Zehlendorf, All. (1952), 1 vol. (21,5 × 30,5 cm), II + 238 p., 307 fig., réf. bibl., DM : 26.80. — Rôle de l'eau dans le paysage du point de vue artistique. Climat allemand et sa répercussion sur l'irrigation des diverses contrées. Délimitation des divers bassins fluviaux allemands. Fleuves, étangs, lacs. Utilisation de l'énergie de l'eau, moulins; l'eau, source de travail: pêche. Cours d'eau dans les quartiers industriels, cours d'eau navigables. L'eau utilisée comme divertissement et pour l'agrément des paysages, des jardins, des parcs. L'eau dans les villes d'eau. Emploi décoratif de l'eau: fontaines, bassins, jeux d'eau. Quais et ponts. Villes situées au bord de l'eau: sur le Rhin supérieur, l'Ems, la Weser, l'Elbe, la Saale, la Havel, la Spree, l'Oder, la Warthe. Rives: constructions au bord de l'eau. Routes au bord de l'eau: sur les rivages de la mer, des lacs, des cours d'eau. Divers aspects de l'eau: du point de vue plastique et pictural. Chemins qui mènent à l'eau; divers exemples tirés de villes allemandes. E. 25411.

B-893. Statique pratique de la construction (Praktische Baustatik). SCHREYER; Ed.: B. G. Teubner, Poststrasse 3, Leipzig C. 1, All. (1953), t. 3, 1 vol. (16 × 23 cm), vi + 202 p., 291 fig., DM : 5.30. — Différences entre les calculs des constructions au-dessus et au-dessous du sol. Charges, contraintes admissibles et flexions dans les ponts et les grues: prescriptions; charges: des ponts-routes, des ponts-rails, dans la construction des grues; contraintes et flexions admissibles. Lignes d'influence, leur nature, leur but; cas des poutres simples: à lame pleine, en treillis; poutres continues à lame pleine; applications. Glissement longitudinal et contraintes principales. Poutres en bois chevillées, clouées ou collées: points de vue généraux de la construction, cas particuliers. Calcul des goussets

t des entretoisements dans les poutres comprimées en plusieurs parties; procédé de calcul; applications. Calcul des poutres en tôles soudées et rivées, emploi et disposition des tôles; poutres: rivées, soudées; applications. Poussée de l'eau et des terres dans les murs de soutènement et de quais: action conjuguée de la poussée de l'eau et des terres. Arcs, appuis et piliers dans les ponts; disposition des arcs; matériaux utilisés; étude statique, règles applicables aux projets, application. Appuis et piles des ponts en arcs; appuis et poutres des ponts en poutres droites; applications. Annexe: résumé des formules les plus importantes. Bibliographie. E. 25281.

B-894. Distribution d'eau (Wasserversorgung). DAHLHAUS (C.); Ed.: B. G. Teubner-Poststrasse 3, Leipzig C. 1, All. (1953), 2^e édit. 1 vol. (16 × 23 cm), vi + 162 p., 127 fig., 16 réf. bibl., DM : 7.90. — Principes. L'eau, condition de la vie de l'homme: historique de la distribution; obligations auxquelles doit répondre la distribution. Consommation d'eau pour: boisson et besoins ménagers; protection contre l'incendie. Propriétés de l'eau des points de vue chimique, physique, bactériologique. Conditions imposées. Collecte des eaux; eaux: de surface, souterraines; réservoirs et étangs pour les services d'incendie. Préparation de l'eau: épuration, élimination du limon. Elévation de l'eau: installations de pompage; pompes et leurs moteurs; conditions de débit. Stockage de l'eau: châteaux d'eau, réservoirs souterrains. Distribution de l'eau: bases du calcul, matériaux et forme des tuyauteries; leurs construction; collecteurs et réseau de distribution. Calcul des réseaux locaux. Particularités: ouvrages spéciaux; raccords pour les habitations et les fonds; mesure de l'eau; distribution d'eau particulière; surveillance de l'exploitation. Exemples de calcul. Règlements administratifs, lois sur les: épidémies, réglementations de police, alimentation, protection contre l'incendie, santé publique. Ordonnances de la République démocratique allemande sur la surveillance de l'hygiène. E. 25280.

B-895. Règlement type pour le bâtiment, 1952 (Model Bouwverordening, 1952). Ed.: Ministerie van Wederopbouw en Volkshuisvesting, Office C.32, Van Alkemadelaan, La Haye, Pays-Bas (1953), 1 vol. (17 × 24 cm), 290 p., 13 fig. — Les municipalités hollandaises sont tenues d'établir et d'appliquer un règlement communal sur la construction; prescriptions sanitaires; conditions de durée; protection contre l'incendie. Les règlements sont différents d'une commune à l'autre, pour remédier à ce grave inconvénient: rapport sur les divergences entre les divers règlements existants, leurs causes; établissement d'un règlement type: commentaires, application. E. 24241.

B-896. Les poutres en ciment armé sollicitées à la flexion déviée (Le travi in cemento armato sollecitate a flessione deviata). COLORIO (G.); Ed.: Vitali e Ghianda, Via alla Chiesa della Maddalena, 9, Gênes, Ital. (1953), 1 vol. (17,5 × 24,5 cm), 93 p., nombr. fig., L : 2 000. — Calcul des poutres de rive. Établissement des formules fondamentales. Étude des sections

rectangulaires. Position de l'axe neutre. Exposé des cinq types de sections adoptées et calculées; sections en forme de cornière: section type et axe neutre. Exemples et exercices. Application aux poutres de rive des hangars voûtés. Diagrammes. E. 25443.

B-897. L'électricité dans la maison (L'elettricità nella casa). MORATI (L.), RAJMONDI (E.); Ed.: Antonio Vallardi, Via Stelvio 22, Milan, Ital. (1950), 1 vol. (17 × 24 cm), 264 p., 200 fig., 29 réf. bibl. — I. Lumière; éclairage; visibilité; aspects physiques et physiologiques; radiations lumineuses et obscures; dispositifs modificateurs de la lumière et appareils d'éclairage; luxmètres modernes et cellule photoélectrique; lampes: à incandescence, luminescentes, et tubes fluorescents; calcul de la puissance des sources lumineuses et des valeurs d'éclairage. II. Installation électrique dans la maison moderne; notions générales sur les installations électriques; projet; cabines de transformations; locaux à accumulateurs; colonnes montantes; compteurs; installation électrique dans l'appartement; conseils particuliers pour les divers locaux ou parties de l'appartement; emplacement et aménagement des appareils; détermination des charges pour prises de lumière et autres travaux de bâtiment à prévoir pour les installations électriques (Constructions en béton et en béton armé); lignes; distribution au sol et au plafond; constructions: mixtes, métalliques, en bois; matériaux: pour installations électriques, des lignes; appareils de commande; commande à distance; prises de courant; supports de lampes; lampes et coupe-circuits; tableaux; appareils d'électricité domestique; exécution des installations électriques à l'intérieur, lampes luminescentes; installations électriques auxiliaires; réception des installations électriques intérieures; rédaction des commandes. Terminologie de la science de la vision avec abondants commentaires et définition des termes. E. 25267.

B-898. Les installations sanitaires (Impianti sanitari). GALLIZIO (A.); Ed.: Ulrico Hoepli, Corso Matteotti, 12, Milan 204 Ital. (1952), 3^e édit., 1 vol. (17,5 × 25 cm), xii + 519 p., 404 fig., 2 fig. h. t., L : 2 500. — Projets et réalisation des installations hydro-sanitaires à l'intérieur des bâtiments, des grandes cuisines, des grandes buanderies. Approvisionnement en eau; distribution; compteurs; pompes; éjecteurs; bâliers hydrauliques. Mise en pression de l'eau avec réserve par réservoirs ou par autoclaves. Réseaux de distribution, d'extinction d'incendie. Tuyaux en fonte, en éternit, en acier, en plomb. Avaries et réception des tuyauteries; calcul des tuyauteries et des installations élévatrices d'eau. Production et distribution de l'eau chaude, tiède ou réfrigérée. Installations pour eau chaude. Distribution du gaz. Écoulement et relevage des eaux usées. Puits perdus. Clarification, épuration et désinfection des eaux de vidange; fosses septiques; filtres; siphons; ventilation; les bruits dans les installations sanitaires; robinetterie; appareils sanitaires; piscines; bains publics. E. 24167.

B-899. Manuel de l'ingénieur civil (Manuale

dell'ingegnere civile). PANTALEO (M.); Ed.: Perella, 77, via della Croce, Rome, Ital. (1952), 1 vol. (12,5 × 17 cm), LV + 1573 p., 2171 fig., L : 5 500. — Unités de mesures; mathématiques élémentaires et supérieures; géométrie analytique et descriptive; topographie; géologie; minéraux; liants et produits céramiques; bois; métaux; matériaux de finition et d'imperméabilisation; mécanique générale; science des constructions: statique, équilibre élastique, calcul des déformations, systèmes hyperstatiques et réticulaires plans. Constructions en bois, en acier, en ciment armé (piliers, poutres, planchers). Mécanique des sols et fondations. Constructions civiles et industrielles. Acoustique des bâtiments; thermotechnique; éclairage; édifices industriels; constructions rurales; structure des routes; chemins de fer: traction, superstructures, stations. Rédaction des projets de routes et de chemins de fer. Tracé des routes. Terrassements. Mouvement des terres. Murs de soutènement; tunnels; chemins de fer spéciaux: transporteurs aériens, funiculaires; tramways, métropolitains, traction électrique. Ponts: charges sur les ponts, lignes d'influence, arcs; ponts en bois, en acier, en maçonnerie, en ciment armé. Cintres. Urbanisme. Constructions hydrauliques; bassins; barrages et leurs accessoires; tuyauteries; canaux; aqueducs; eau potable; égouts; épuration des eaux; aménagement des montagnes; statistique hydrologique; amélioration des terres: irrigation; défense contre les inondations; navigation intérieure. Machines pour le bâtiment; chantiers; exécution des travaux; questions financières; conseillers techniques; notions de droit; expropriations. Bibliographie. E. 23686.

B-900. Les cloisons (Tabiques). DE LA JOYA CASTRO (R.), ALBINANA PIFARRE (S.); Ed.: Instituto Tecnico de la Construcción y del Cemento, ruiz de Alarcón, 25, Madrid, Esp. (oct. 1951), 1 vol. (20,5 × 25 cm), 188 p., nombr. fig., 6 fig. h. t., 14 réf. bibl., Pts : 60. — Les cloisons ont pris dans la construction moderne une importance particulière du fait de la réduction du nombre de murs porteurs et des nécessités d'isolation thermique et acoustique. Buts et qualités requises des cloisons. Matériaux appropriés. Considérations économiques. Matériaux de structure: bois, métaux, béton armé. Matériaux de remplissage: verre, liège, paille, feuilles d'aluminium, vermiculite, béton mousse, cellulite, laine minérale, pierre ponce. Matériaux de revêtement: continu ou par panneaux: fibres: propriétés thermiques, acoustiques; panneaux de copeaux et de paille comprimés: durée, résistance, rigidité; bois contreplaqué et panneaux « sandwich »; carreaux de plâtre; panneaux de liège; feuilles d'amiante; panneaux de matières plastiques en feuilles et de matériaux à base de résines: produits commerciaux. Construction des cloisons; normes des Cahiers des charges; résistance au feu de cloisons comportant des pièces céramiques. Cloisons: en briques, spéciales, à armature résistante; remplissage; choix de l'armature; propriétés acoustiques, thermiques, de résistance au feu, de durée. Nombreux types de cloisons diverses. E. 22875.

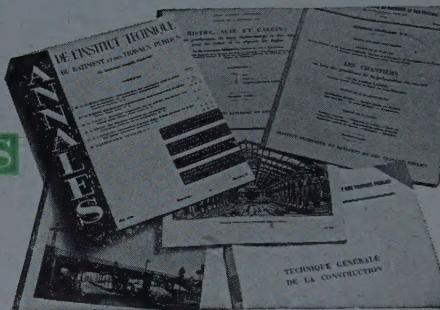
(Reproduction interdite.)



INGÉNIEURS
ITBTP ARCHITECTES
ENTREPRENEURS

POUR VOUS TENIR
AU COURANT
DES PROGRÈS
RÉALISÉS DANS
LA TECHNIQUE
DE LA
CONSTRUCTION

LISEZ
LES
ANNALES
DE
L'INSTITUT TECHNIQUE
DU BATIMENT ET
DES TRAVAUX PUBLICS



Vous consaciez un budget important à votre documentation, mais elle ne peut être complète.

Nous lisons pour vous dans toutes les langues, un coup d'œil sur les rubriques de notre

DOCUMENTATION TECHNIQUE

et vous saurez tout ce qui a paru concernant votre spécialité chez tous les éditeurs et dans 200 revues de tous pays.

Des analyses courtes, claires, objectives, vous signaleront la littérature qui vous est utile.

vous voulez être renseigné sur une technique qui ne vous est pas familière.

Écrivez à notre

SERVICE DE DOCUMENTATION

Il vous fournira rapidement les références et les documents qui vous manquent.

Il établira aux meilleures conditions la traduction correcte du document étranger qui vous intéresse.

ÉQUIPEMENT TECHNIQUE (V)

Déjà paru dans la même série au 31 août 1953 :

- N° 1. — C. HERODY, Bistre, suie et calcin : de leur production, de leurs inconvénients et des moyens pour les éviter et en réparer les dégâts.
- N° 2. — R. GENAGA, Conditionnement de l'air, ses applications dans l'habitat et dans l'industrie.
- N° 3. — R. FISCH, Le chauffage urbain et ses perspectives (épuisé).
- N° 4. — H. CHARLENT, Influence de la normalisation et de la préfabrication sur la technique des installations sanitaires. L'emploi de la préfabrication sur les chantiers de reconstruction.
- N° 5. — A. DESPLANCHES, Les chambres d'essais climatiques.
- N° 6. — P. BRESSOT, Commentaires sur le dernier ouvrage concernant les techniques de l'étanchéité multicouche et problèmes de laboratoire qu'il soulève.
- N° 7. — CYCLE DU CHAUFFAGE 1950.
P. DUSSERIS, Le chauffage des usines.
E.-G. LEAU, Une richesse inexploitée : l'air du sol.
M. FICHARD, Choix d'un système de chauffage dans les nouveaux immeubles collectifs.
J. RIMBAUD, Problèmes posés par l'exploitation des installations de chauffage dans les immeubles anciens.
R. FISCH, Le chauffage urbain dans les pays autres que la France.
- N° 8. — R. COMTET, Les méthodes modernes pour l'établissement des canalisations électriques collectives.
- N° 9. — L. BERGER et R. SEMAILLE, Réalisations modernes d'installations sanitaires.
- N° 10. — A. POIRSON, L'expérience au service de l'étanchéité. Le cuvelage.
- N° 11. — R. CADIERGUES, Les coefficients de rayonnement des matériaux.
- N° 12. — Y. BOISDON, A. MASSIN, Les installations de laboratoires.
- N° 13. — R. COMTET, Contribution à la sécurité dans l'emploi des courants électriques à l'intérieur des immeubles.
- N° 14. — CYCLE DU CHAUFFAGE 1951.
A. DESPLANCHES, De l'introduction de l'air dans les locaux conditionnés. Visites d'installations de chauffage et de conditionnement d'air.
- N° 15. — R. CADIERGUES, Le thermomètre à température résultante.
- N° 16. — A. BLANC, Les recherches thermiques aux Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics.
- N° 17. — Thomas BEDFORD, W. LIESE, F. SQUASSI et Cyril TASKER, État de la recherche en chauffage et ventilation dans quelques pays étrangers.
- N° 18. — A. FOURNOL, Quelques aspects économiques et techniques actuels des questions posées par l'établissement et l'exploitation des chauffages centraux.
- N° 19. — R. BILLARDON, Le chauffage thermodynamique.
- N° 20. — R. DUPUY, Choix du type et des caractéristiques générales de l'installation de chauffage la mieux adaptée au climat et au programme, suivant la constitution du bâtiment.
- N° 21. — P. MARILLOT, Chauffage à eau surchauffée sous pression.
- N° 22. — R. CADIERGUES, La protection contre le gel en chauffage à eau chaude et le déneigement thermique.
- N° 23. — G.-E. VARLAN, Discussion de cas concrets d'étanchéité en toitures-terrasses.
- N° 24. — R. CADIERGUES, B. MOREL et M. DAUDIN, Méthode pratique du calcul des puissances en chauffage discontinu.

- N° 25. — R. CADIERGUES et J. GENEVAY, La conductibilité thermique des matériaux.

- N° 27. — J. MORISSEAU, Normalisation de la robinetterie utilisée dans le bâtiment
J. SCHICK, Tuyaux en matière plastique utilisés dans le bâtiment.

JOURNÉES INTERNATIONALES DE CHAUFFAGE, VENTILATION, CONDITIONNEMENT DE L'AIR 1952

- N° 28. — H. MARCQ, Évolution des recherches et des techniques en Belgique depuis 1940.

LE CHAUFFAGE PAR RAYONNEMENT

- N° 28. — T. N. ADLAM, L'expérience américaine.
A. KOLLMAR, Technique allemande.
A. GINI, Technique italienne.
R. CADIERGUES, Technique française.

RÉFRIGÉRATION

- N° 29. — R. BILLARDON, Machines frigorifiques modernes. — Visite de l'installation de chauffage, de conditionnement d'air et de la machine frigorifique de la Banque de France.

PROBLÈMES ÉCONOMIQUES DU CHAUFFAGE CENTRAL

- H. FICHARD, Répartition des charges de construction et d'entretien dans les installations de chauffage.
R. FISCH, Répartition des charges de chauffage et comptage des calories.

ÉTUDES ET RECHERCHES FRANÇAISES

- N° 30. — A. FOURNOL, Quelques travaux récents du C. S. T. B. en matière d'équipement de chauffage dans les habitations.
R. CADIERGUES, Études et recherches 1951 du Comité Scientifique et Technique de l'Industrie du Chauffage et de la Ventilation.

- Les dispositifs de sûreté hydrauliques en chauffage à vapeur basse-pression.
Ch. FISCHER, P. LÉVÈQUE, Mesure de la ventilation par traceurs radioactifs.
A. BLANC, Les recherches thermiques aux Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics.

RÉGULATION AUTOMATIQUE

- N° 31. — R. DUPUY, Régulation automatique des petites installations de chauffage central avec chaudières au charbon.
V. BROÏDA, Précision en régulation automatique.

- A. MARILLOT, P. TOUZARD et J. RAUSSOU, Visite de l'installation de conditionnement d'air de la Bibliothèque Nationale.

- N° 32. — R. COMTET, Nouvelles perspectives dans l'installation électrique des bâtiments.

- N° 33. — A. BLANC, J.-C. MARÉCHAL, Essais et recherches sur les ardoises.

- N° 34. — A. POIRSON, La toiture en pente. L'expérience et la technique au service de l'étanchéité.

- N° 35. — D. THIN, Pompe et accélérateurs.

- N° 36. — J. RYDBERG, A. WATZINGER, S. P. JACOBSEN, J. KAMM, Recherches et techniques étrangères. — Evolution des recherches et des techniques en Suède, en Norvège, au Danemark et en Suisse, depuis 1940.

COLLECTION DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

VIENT DE PARAITRE

FORMULAIRE DU BÉTON ARMÉ TOME PREMIER

par R. CHAMBAUD, Ingénieur des Arts et Manufactures et P. LEBELLE, Ancien Élève de l'École Polytechnique
Avec la collaboration de R. CLOET, Ingénieur civil de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.
Préface de A. CAQUOT, Membre de l'Institut.

Un volume relié toile de 460 pages, format 14 × 22,5 cm, dont 114 pages de tableaux numériques, 219 figures, 28 abaques, 73 échelles fonctionnelles et de nombreux exemples (prix : 3 800 F, franco port recommandé : 4 000 F).

OUVRAGES PARUS :

Béton Précontraint, Étude théorique et expérimentale, par Y. GUYON, Ingénieur Diplômé de l'École Polytechnique. Préface de E. FREYSSINET, Inspecteur Général Honoraire des Ponts et Chaussées.

Un vol. grand in-8° raiem, 728 p., 503 fig. Relié 4 500 F
(franco port recommandé : 4 704 F).

Règles d'utilisation du béton armé (Règles BA, 1945, modifiées en mars 1948).
Un vol. in-8° carré, 104 p., 27 fig. Broché 260 F
(frais d'expédition 30 F).

Règles d'utilisation des ronds crénélés et lisses pour béton armé de limite d'élasticité supérieure ou égale à 40 kg/mm².
Un vol. in-8° Carré, 60 p., 8 fig. Broché 300 F
Cartonné 350 F
(frais d'expédition 30 F).

Règles d'utilisation de l'acier (Règles CM, 1946).
Un vol. in-8° Carré, 96 p., 29 fig. Broché 300 F
(frais d'expédition 30 F).

Commentaires des Règles d'utilisation de l'acier (Règles CM, 1946).
Un vol. in-8° Carré, 80 p., 14 fig. Broché 300 F
Cartonné 330 F
(frais d'expédition 30 F).

Jeux d'abaques relatifs au calcul du flambement (Règles CM, 1946).
Le jeu 50 F
(frais d'expédition 30 F).

Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions (Règles NY, 1946).
Un vol. in-8° Carré, 96 p., 29 fig 275 F
(frais d'expédition 30 F).

Toitures-Terrasses - Procédés multicouches.
Un vol. in-4° Carré, 36 p., 44 fig. Broché 250 F
(frais d'expédition 35 F).

Étanchéité par l'asphalte. Cahier des charges et conditions générales applicables aux travaux d'étanchéité par revêtement en asphalte.
Broché 200 F
(frais d'expédition 35 F).

Conditions d'exécution du gros œuvre des toitures-terrasses en béton armé.
Un vol. in-8° Carré, 32 p., 27 fig. Broché 100 F
(frais d'expédition 15 F).

Devis et estimation des ouvrages en béton armé, par M. JAVAY.
Les trois fascicules 350 F
(frais d'expédition 30 F).

Lexique technique français-anglais et anglais-français du matériel de travaux publics.
Un vol. in-8° Carré, 184 p. Relié pleine toile 700 F
(frais d'expédition 35 F).

Répertoire des carrières de pierre de taille exploitées en 1889.
Nouveau tirage. Broché 900 F
(frais d'expédition recommandée 145 F).

La pierre matériau du passé et de l'avenir, par M. Pierre NOËL.
Un vol. in-8° Carré, 112 p., 74 fig. Broché 250 F
(frais d'expédition 35 F).

La pierre dans la construction des ouvrages d'art (conférences de MM. SUQUET, VITALE, PARMENTIER et CAQUOT).
Le volume 150 F
(frais d'expédition 30 F).

Caractéristiques physiques et mécaniques des terrains. Application aux terrains de la région parisienne, par M. VARLAN.
Un vol. 120 p., 33 fig 100 F
(frais d'expédition 45 F).

Contribution à l'étude du vieillissement des bitumes, par M. VARLAN.
Un vol. 76 p., 7 fig 75 F
(frais d'expédition 30 F).

Méthode de calcul des déperditions thermiques des locaux en régime continu.
Un vol. in-4° Carré, 72 p 900 F
(frais d'expédition 50 F).

Spécifications U. N. P. des produits de peinture utilisés dans les travaux de bâtiment.
16 fascicules réunis dans un cartonnage extensible 800 F
(frais d'expédition 60 F).

En cours de publication en fascicules in-4° Carré illustrés (21 × 27) :

MANUEL DE LA CHARPENTE EN BOIS

Fascicules parus :

- N° 1. — Introduction (prix : 10 F).
- N° 2. — Les cintres en bois pour ouvrages d'art, par M. DUHOUX (prix : 220 F).
- N° 3. — Les cintres en bois pour ouvrages d'art (annexe), par MM. DUHOUX et VALLETTE (prix : 200 F).
- N° 4. — Caractéristiques générales du bois de charpente. Propriétés et emplois des différentes essences, par M. CAMPREDON (épuisé).
- N° 5. — La préparation du bois. Exploitations forestières, abattage, séchage, étuvage, traitement de conservation et de préservation contre le feu, par M. CAMPREDON (prix : 80 F).
- N° 6. — Travail des bois, par M. LOTTE (prix : 120 F).
- N° 7. — Le trait de charpente (1^{re} partie), par M. JAROUSSEAU (prix : 120 F).

- N° 8. — Le trait de charpente (2^{re} partie), par M. JAROUSSEAU (prix : 220 F).
- N° 9. — Les assemblages, par M. GREKEL (prix : 240 F).
- N° 10. — Exemples de calculs de charpentes en bois (1^{re} partie), par M. VRAIN (prix : 240 F).
- N° 11. — Exemples de calculs de charpentes en bois (2^{re} partie), par M. VRAIN (prix : 315 F).
- N° 12. — Étalements, échafaudages, ouvrages spéciaux (prix : 300 F).
- N° 13. — Stabilité des constructions appliquées au bois. Première partie : Statique graphique, par M. VRAIN (prix : 170 F).
(frais d'expédition des 12 fascicules : 70 F).

MANUEL DE LA CONSTRUCTION MÉTALLIQUE

Fascicules parus :

- N° 1. — Introduction et plan (prix : 60 F).
- N° 2. — Moyens d'assemblage des constructions métalliques (prix : 140 F).
- N° 3. — Assemblages dans les constructions métalliques (épuisé).
- N° 4 a. — Combles (prix : 60 F).
- N° 5. — Rivetage (prix : 120 F).
- N° 6. — Charpentes et ossatures métalliques de Bâtiment. — Généralités. — Planchers (prix : 100 F).

- N° 7. — Poutres à âme pleine (prix : 80 F).
- N° 8. — Éléments tendus (prix : 40 F).
- N° 9. — Éléments des systèmes réticulés. Éléments comprimés (épuisé).
- N° 10. — Exemple de calcul de l'ossature métallique d'un bâtiment à étages (prix : 110 F).
- N° 11. — Boulonnage (prix : 50 F).
(frais d'expédition des 9 fascicules : 50 F).

Adresser les commandes accompagnées de leur montant à LA DOCUMENTATION TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS, 19, rue La Pérouse, Paris-XVI^e, C. C. P. Paris 8524-12.
Aucune réclamation ne sera admise si l'envoi n'a pas été fait recommandé (recommandation 25 F en sus).